



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO



Desempenho escolar, atividade física, aptidão cardiorrespiratória e síndrome metabólica em crianças e adolescentes

Tânia Filipa da Silva Oliveira

Dissertação académica apresentada com vista à obtenção do grau de Doutor no âmbito do Curso de Doutoramento em Atividade Física e Saúde, organizado pelo Centro de Investigação em Atividade Física, Saúde e Lazer (CIAFEL) da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, nos termos do Decreto-lei nº74/2006 de 24 de Março

Orientador: José Carlos Ribeiro, PhD

Coorientadores: Andreia Isabel Nogueira Pizarro, PhD

Gustavo Marçal Gonçalves da Silva, PhD

Porto, 2017

Oliveira, T. F. S. (2017). *Desempenho escolar, atividade física, aptidão cardiorrespiratória e síndrome metabólica em crianças e adolescentes*. Porto: T. Oliveira. Dissertação de Doutoramento em Atividade Física e Saúde apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

PALAVRAS-CHAVE: DESEMPENHO ESCOLAR, ATIVIDADE FÍSICA, APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA, SÍNDROME METABÓLICA

Fontes Financiadoras

A candidata foi apoiada por uma bolsa de doutoramento da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) SFRH / BD / 79886 / 2011 e a tese de doutoramento foi incluída num projeto de investigação financiado FCOMP-01-0124-FEDER-028619 (PTDC/DTP-DES/1328/2012) e no centro de investigação – CIAFEL, apoiado por FCT/UID/DTP/00617/2013.

Este trabalho é dedicado aos meus pais.
Obrigada por me darem as asas para saber,
e a liberdade para poder,
voar!

AGRADECIMENTOS

A fechar um longo ciclo de muitas aprendizagens e emoções, quero agradecer a todos aqueles que me ensinaram, apoiaram e inspiraram.

Ao meu orientador, Professor José Carlos Ribeiro pela oportunidade e pela sua orientação, sobretudo pela sua forma pragmática que possibilitou o meu crescimento como investigadora.

À Andreia Pizarro, minha coorientadora, pelo seu espírito crítico e vontade genuína de me ajudar a fazer sempre melhor, pelas aprendizagens e pelo seu grande apoio e dedicação constantes.

Ao Gustavo Silva, meu coorientador, pelo seu incentivo, ajuda e disponibilidade que teve sempre para comigo e pelo seu jeito amigo de ser.

À Professora Joana Carvalho e à Professora Maria Paula Santos por me terem possibilitado colaborar no gabinete e por todos os conhecimentos que permitiram o meu desenvolvimento pessoal e académico.

Ao Professor Jorge Mota por ser uma referência a nível académico e pessoal, pelo seu encorajamento e pela sua prontidão.

À Carina, à Joana, à Susana e à Rose pela amizade, por me ajudarem na recolha de dados e espalharem a alegria no gabinete.

Às escolas, professores, encarregados de educação e alunos, sem os quais não teria sido possível realizar este trabalho. Muito obrigada pela disponibilidade e colaboração ao longo deste projeto.

À Manuela, minha amiga do coração e parceira desta longa caminhada, pela profunda e sincera amizade. Pela sua garra, determinação e incentivo. Por

toda a atenção, e por todos os choros e sorrisos que viu e abraçou. Por estar presente, sempre.

Às minhas pessoas especiais que me deram mais cor à vida, que estão incondicionalmente lá e cá. Pessoas do bem, família do coração. Os meus amigos.

Ao melhor do meu mundo. A minha família, que sempre me aplaudiu de pé e sempre acreditou que era possível. Obrigada por demonstrarem o mais puro e sincero bem-querer e me fazerem sentir o verdadeiro sentido de união e amor. Todos, onde quer que estejam, estão comigo.

À Bruna. Apesar de mais pequena de idade e ainda a começar uma das etapas académicas mais desafiantes, muito me ajudou com o seu conhecimento. Prima, o teu profissionalismo e determinação foram força maior e sobretudo inspiração.

Aos meus Pais, o meu porto seguro. Por serem os meus anjos-da-guarda, a minha luz e a minha força. Por acreditarem, incondicionalmente, em mim. Enfim, por existirem e por serem tal como são, os melhores pais de todo o universo.

Ao Universo, que é perfeito. Que me ensina a confiar e a acreditar. E que me faz ver, a cada fim de ciclo, que jamais seríamos colocados numa situação se não estivéssemos preparados para a resolver.

E a Deus, por me iluminar e proteger as pessoas que amo.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	6
Índice Geral.....	8
Índice de figuras.....	9
RESUMO	10
ABSTRACT	12
Lista de abreviaturas.....	14
Introdução	17
Revisão da Literatura.....	22
Atividade física.....	23
Aptidão cardiorrespiratória e fatores de risco cardiovascular.....	25
Desempenho escolar	26
Fatores influenciadores do desempenho escolar	30
Atividade física, aptidão cardiorrespiratória e desempenho escolar.....	33
Trabalho experimental.....	39
Medidas	42
Atividade Física	42
Aptidão Cardiorrespiratória.....	42
Fatores de risco metabólico.....	44
Síndrome metabólica.....	44
Desempenho Escolar	45
Fatores confundidores	45
Artigo I.....	47
Artigo 2.....	48
Artigo 3.....	75
Discussão	102
Conclusão	112
Referências	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1. Diagrama do trabalho experimental	41
---	----

RESUMO

O desempenho escolar tem vindo a adquirir uma importância e centralidade crescentes na política educativa e por consequência nas dinâmicas de organização escolar. O seu impacto tem-se refletido diretamente nos diferentes contextos educativos retirando importância às aulas de educação física, fragilizando as oportunidades dos alunos serem indivíduos mais ativos e comprometendo estratégias de estilos de vida saudável. Por outro lado, a atual pandemia de inatividade física ameaça a saúde física e cognitiva em todas as fases da vida. Apesar da ênfase dos benefícios da atividade física ter sido colocada, ao longo dos tempos, no cariz físico e nas preocupações de saúde pública, mais recentemente tem-se dispensado a devida atenção aos benefícios que a mesma tem na saúde cognitiva da população em geral e, em particular, das crianças e dos adolescentes. Evidências crescentes sugerem que as crianças e os adolescentes fisicamente ativos e com melhores níveis de aptidão cardiorrespiratória têm menor propensão à aglomeração dos fatores de risco cardiovascular e um desempenho escolar mais elevado comparativamente com os seus pares menos ativos. No entanto, grande parte dos estudos utilizam métodos subjetivos de avaliação da atividade física e não consideram variáveis importantes que influenciam o desempenho escolar, conduzindo a resultados pouco consistentes.

Deste modo, a presente tese teve como principais objetivos analisar a associação da atividade física e da aptidão cardiorrespiratória no desempenho escolar (Artigo I), averiguar o duplo benefício da aptidão cardiorrespiratória na saúde física e cognitiva (Artigo II) e perceber a importância de altos níveis de intensidade da atividade física na aptidão cardiorrespiratória e no desempenho escolar (Artigo III).

Para tal foram elaborados três estudos envolvendo 1222 crianças e adolescentes (675 raparigas) entre os 10 e os 18 anos de escolas públicas da área do grande Porto. Para a avaliação das variáveis principais do estudo foram utilizadas medidas objetivas. A atividade física foi aferida através de acelerómetros e a aptidão cardiorrespiratória estimada a partir do teste 20m Vaivém. O índice de massa corporal, o perímetro da cintura e a pressão

arterial sistólica e diastólica foram medidos através de procedimentos padronizados. As amostras sanguíneas foram recolhidas para determinar os níveis de colesterol de alta densidade, colesterol de baixa densidade, triglicerídeos e glicose em jejum, e o desempenho escolar aferido pelos registos escolar do final do ano letivo nas disciplinas de português e matemática.

Os resultados sugerem que a atividade física moderada a vigorosa e a atividade física vigorosa estão correlacionadas com a aptidão cardiorrespiratória que, por sua vez, está associada a melhores resultados escolares e à redução dos fatores de risco metabólico/ou cardiovascular??. Os resultados apontam, ainda, efeitos significativos dos níveis de atividade física vigorosa no desempenho escolar.

Em suma, a atividade física moderada a vigorosa parece assumir um papel importante na saúde em geral. Em particular, a atividade física vigorosa, para além de potenciar a saúde em geral, poderá, ainda, constituir-se como uma nova estratégia na otimização do desempenho escolar.

ABSTRACT

Academic achievement has been acquiring an increasing centrality and importance on educational policy and consequently in the dynamics of school organization. Its impact has been reflected directly in different educational contexts, removing importance from physical education classes, not giving students opportunities to be more active nor allowing them to acquire healthy lifestyle strategies. On the other hand, the current pandemic of physical inactivity threatens physical and cognitive health in all stages of life. Despite the the emphasis on the benefits of physical activity has been placed, throughout the ages, on physical nature and public health concerns, it has most recently been given more attention to the benefits that it has on cognitive health of the population in general and, in particular, on that of children and adolescents. Growing evidence suggests that children and adolescents physically active and with better levels of cardiorespiratory fitness have higher academic achievement compared to those with less active lives. However, many studies have used subjective methods of assessment of physical activity and have not considered important variables that influence academic achievement, leading few consistent results.

Thus, the present thesis had as its main objective: to analyse between the association of physical activity and cardiorespiratory fitness on academic achievement (article I), to verify the double benefit of cardiorespiratory fitness in physical and cognitive health (article II), and to perceive the importance of high levels of intensity of physical activity in cardiorespiratory fitness and academic achievement.

To this, three studies involving 1222 children and adolescents (675 girls) aged between 10 and 18 years, from public schools in the Porto area, were conducted. For the assessment of the main variables of the study objective measures were used. Physical activity was measured using accelerometers and cardiorespiratory fitness was estimated through the Shuttle run test. Body mass index, waist circumference and systolic and diastolic blood pressure were measured by standardized procedures. The blood samples were collected to determine levels of high density cholesterol, low density

cholesterol, triglycerides and fasting glucose, and academic achievement was measured through the school grades of Native Language (Portuguese) and Mathematics.

Results suggest that cardiorespiratory fitness is correlated with moderate to vigorous physical activity that, in turn, is associated with better academic achievement. We also found that higher levels of cardiorespiratory fitness are associated with a decrease of metabolic risk factors. Lastly, we found significant effects of vigorous physical activity levels' on academic achievement.

In sum, moderate to vigorous physical activity seems to play an important role on health in general. Particularly, in addition to promoting health in general, vigorous physical activity may also be constituted as a new strategy in the optimization of academic achievement.

LISTA DE ABREVIATURAS

AA: Academic achievement

ACR: Aptidão cardiorrespiratória

AF: Atividade física

AFMV: Atividade física moderada a vigorosa

AFV: Atividade física vigorosa

ANCOVA: Analyses of covariance

BDNF: Fator neurotrófico derivado do cérebro / Brain-derived neurotrophic factor

BMI: Body mass index

CDC: Center of Disease Control

CI: Confidence interval

CM: Centímetro

CPM: Counts per minute

CVD: Cardiovascular disease

CRF: Cardiorespiratory fitness

DCV: Doenças cardiovasculares

ESE: Estatuto socioeconómico

GLU: Glucose

HDL-C: Colesterol da lipoproteína de alta intensidade / Low-density lipoprotein cholesterol

IDF: Federação Internacional de Diabetes / International Diabetes Federation

IMC: Índice de massa corporal

IOTF: International Obesity Task Force

Kg: Quilogramas / Kilograms

LDL-C: Colesterol da lipoproteína de baixa intensidade / High-density lipoprotein cholesterol

M: Meter

M diff: Mean difference

Min/day: Minutes per day

MmHg: Milímetros de mercúrio / Millimeter of mercury

MS: Metabolic syndrome

MVPA: Moderate to vigorous physical activity

N: Number

OMS: Organização Mundial de Saúde

OR: Odds ratio

PA: Physical activity

PC: Perímetro da cintura

SD: Standard deviation

SES: Socioeconomic status

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

SR: 20m Shuttle run test

TG: Triglicerídeos/ Triglycerides

VPA: Vigorous physical activity

VO₂max: Consumo máximo de oxigénio / Maximal oxygen uptake

WC: Waist circumference

WHO: World Health Organization

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A sociedade atual deriva de um amplo processo de modernização, onde a inovação tecnológica, o desenvolvimento económico e a mudança social estão estritamente relacionados. Um processo crescente de racionalização conduziu a mudanças de atitudes dos indivíduos e da sociedade, acabando por alterar os hábitos de vida. Os padrões atuais da atividade física (AF) são, sem dúvida, os mais baixos de toda a história da humanidade, com declínios particularmente acentuados nas gerações recentes (de Greeff et al., 2014). Segundo projeções futuras, novas quedas irão surgir (Danielzik et al., 2004; Ortega et al., 2008), e graves problemas de saúde, tais como as doenças cardiovasculares (DCV), são já atribuídos, fundamentalmente, às alterações dos padrões atuais de AF (de Greeff et al., 2014). Nas últimas décadas, a prevalência de fatores de risco cardiovascular tornou-se um dos grandes desafios para a saúde, convertendo-se, também, num motivo de preocupação na população infanto-juvenil (Kavey et al., 2003). Especificamente, os fatores de risco metabólico, considerados uma das origens da principal causa de morte em todo o mundo, refletem os hábitos que desde cedo são incutidos às novas gerações e que se encontram intimamente relacionados com a adoção de um estilo de vida não ativo.

Os benefícios da AF em crianças e jovens são, nos dias de hoje, amplamente reconhecidos. A sua importância é de tal evidência que autoridades internacionais de saúde pública recomendam que crianças e adolescentes pratiquem, por dia, 60 minutos de atividade física moderada a vigorosa (AFMV) e, em pelo menos 3 dias da semana, realizem atividade de fortalecimento do músculo e dos ossos de forma a prevenir doenças não transmissíveis, assim como alcançar e manter a saúde física e mental (World Health Organization, 2010a).

Devido à sua importância, a AF e os seus benefícios têm sido alvo de bastantes estudos. Sabe-se que quando praticada regularmente tem um

papel importante na saúde, nomeadamente na redução da prevalência de obesidade e na diminuição dos fatores de risco cardiovasculares que constituem a síndrome metabólica, tais como distúrbios lipídicos, pressão arterial elevada e resistência à insulina (Gunter et al., 2012). Assume igualmente uma ação relevante na redução do stress e ansiedade e no aumento da autoestima (Mota-Pereira et al., 2011; Twisk, 2001). Concomitantemente, evidências acumuladas ao longo dos anos, levam-nos a crer que a AF melhora a aptidão física geral, em particular a aptidão cardiorrespiratória (ACR), e que quando praticada na adolescência constitui um precursor da AF na vida adulta (Telama, 2009).

Porém, os benefícios da AF não se restringem apenas à saúde física. Estudos recentes sugerem que a AF melhora o desempenho escolar (Howie & Pate, 2012). De facto, coabitamos numa sociedade competitiva, onde o desempenho e o sucesso escolar são de extrema relevância, e como tal, a AF assume especial relevo em novas investigações quando associada a potenciais benefícios nos resultados escolares (Rasberry et al., 2011). Alguns estudos apontam para uma possível associação da AF, da ACR e da saúde metabólica com o desempenho escolar (Bastos et al., 2015; Donnelly et al., 2016). No entanto, em Portugal, como resposta a várias questões económicas e pressões para melhorar o desempenho escolar, as oportunidades de AF durante o tempo letivo são continuamente reduzidas ou mesmo eliminadas, em detrimento de outras disciplinas. Como resultado, o número de intervalos está a diminuir, o tempo disponível para ser ativo substituído por períodos dentro de uma sala de aula e os programas desportivos eliminados das escolas (Coelho, 2015), caminhando-se, consequentemente, para a redução de benefícios na saúde.

Não obstante, apesar do interesse e aumento dos estudos nesta área, e da plausibilidade dos argumentos neurofisiológicos, as evidências sobre a relação entre a AF, a ACR e o desempenho escolar continuam dúbias e fracas (Torrijos-Niño et al., 2014). A maioria dos estudos baseiam-se em medidas de autorrelato da AF em detrimento de uma metodologia objetiva, estando sujeitas a um possível viés. Para além disso, a maioria das investigações não considera fatores relevantes como é o caso do estatuto socioeconómico (ESE) e do índice de massa corporal (IMC), considerados

preditores do desempenho escolar e moderadores da relação entre a aptidão e o desempenho (Donnelly et al., 2016). Para melhorar e aprofundar o conhecimento e podermos ampliar a compreensão destas conexões, é necessário, portanto, avaliar objetivamente diferentes intensidades de AF (Esteban-Cornejo et al., 2014a), bem como considerar estes importantes fatores confundidores (Van Dusen et al., 2011a). Por outro lado, importa considerar a síndrome metabólica, que atualmente reclama uma aparente relação com a função cognitiva (Scudder et al., 2015), uma vez que não encontramos nenhum estudo que aborde conjuntamente a síndrome metabólica e o desempenho escolar.

Deste modo, parece-nos pertinente entender o contributo da AF e da ACR nas crianças e adolescentes, tanto ao nível da saúde metabólica, como ao nível do funcionamento cognitivo refletido pelo desempenho escolar.

Partindo deste pressuposto, com esta dissertação pretende-se a clarificar algumas lacunas referidas anteriormente e demonstrar o duplo benefício da AF e da ACR quer na saúde metabólica quer no desempenho escolar. Isto é, verificar se as crianças e adolescentes com melhores níveis ACR e de AF beneficiarão de um menor agrupamento de fatores de risco metabólico juntamente com um melhor desempenho escolar quando comparadas com os seus pares com baixos níveis de ACR e de AF.

De forma a responder às várias questões que ainda se impõem, organizou-se a presente tese em três estudos:

Artigo I: Cardiorespiratory fitness but not physical activity, is associated with academic achievement in children and adolescents;

Artigo II: Cardiorespiratory fitness, academic achievement and metabolic syndrome;

Artigo III: Objectively measured vigorous physical activity and academic achievement in children and adolescents.

REVISÃO DA LITERATURA

REVISÃO DA LITERATURA

ATIVIDADE FÍSICA

A AF, pelo menos de intensidade moderada, quando integrada e valorizada no quotidiano dos indivíduos, é considerada uma componente fundamental de saúde (Twisk, 2001). Reconhecida pelos seus benefícios, a prática de AF em crianças e adolescentes é recomendada pelas autoridades internacionais de saúde pública (Centers for Disease Control and Prevention, 2015; World Health Organization, 2010a). Evidências acumuladas ao longo dos anos revelam que a AF regular reduz o risco de obesidade e doenças crónicas como a diabetes, está associada a melhores níveis de ACR e à diminuição de fatores de risco cardiovascular, contribui para uma melhor saúde óssea, e ainda desenvolve a força e a resistência muscular ("Expert panel on integrated guidelines for cardiovascular health and risk reduction in children and adolescents: summary report", 2011). Além dos benefícios físicos, a mesma tem sido associada à redução dos sintomas de depressão e ansiedade, e ainda ao desempenho escolar (Howie & Pate, 2012). No entanto, dados internacionais revelam que a maioria das crianças e adolescentes estão longe de cumprir com os 60 minutos de AFMV recomendados pela Organização Mundial de Saúde. De acordo com o relatório de 2016 da OMS, entre os 11 e 17 anos de idade, 91,2% das raparigas e 81,5% dos rapazes portugueses são insuficientemente ativos (World Health Organization, 2010b). Este relatório revela, ainda, que a AF declina com a idade em ambos os sexos, sendo mais acentuada nas raparigas, que na sua maioria são menos ativas do que os rapazes. Apenas 26% dos rapazes e 16% das raparigas com 11 anos de idade cumprem com os 60 minutos de AFMV, sendo que aos 13 anos a percentagem de rapazes que cumpre com as recomendações mantém-se e nas raparigas decresce para os 6%. Por outro lado, aos 15 anos, a AF diminui para ambos os sexos, somente 18% dos rapazes e 5% das raparigas atingem o tempo diário recomendado.

A centralidade da temática AF está, sem dúvida, assente nos benefícios que a mesma assume com a saúde e o bem-estar. Todavia, a dose necessária para potenciar os seus efeitos é, ainda, menos compreendida (Owens et al., 2017). Caracterizada por quatro dimensões básicas: frequência, intensidade, duração e tipo, a AF poderá ter

diferentes impactos. Pensa-se que intensidades distintas conduzem a resultados diferenciados, e segundo alguns autores a AFV parece ser especialmente benéfica para os jovens (Gutin & Owens, 2011; Parikh & Stratton, 2011; Wittmeier et al., 2008). Uma recente revisão (Owens et al., 2017) estudou o efeito de diferentes intensidades de AF na composição corporal, na aptidão física, nos biomarcadores cardiometabólicos e na função cognitiva, verificando que para os jovens parece ser mais vantajoso realizar AFV do que atividade física moderada (AFM). No entanto, a força desta relação variou conforme a componente de saúde. Segundo os mesmos autores, quando analisada a adiposidade e a saúde óssea do jovens a AFV provoca efeitos mais evidentes comparativamente com a AFM. Por outro lado, com a massa muscular a supremacia da AFV não é tão evidente. De igual modo observa-se um resultado efetivo e mais rápido da AFV na aumento da capacidade aeróbia, contudo a AFM também se parece associar positivamente a esta capacidade (Buchan et al., 2011). Evidencias sugerem, ainda, que AFV está também associada à melhoria do perfil lipídico, pressão arterial, bem como aos níveis de insulina (Lee et al., 2012; Tjonna et al., 2009), no entanto em relação à glicemia os resultados são menos evidentes (Racil et al., 2013). Do mesmo modo, associações similares foram encontrados com a função cognitiva e o desempenho escolar. Segundo Coe et al. (2006), maiores níveis de AFV foram associados a notas mais elevadas, particularmente nos estudantes que atendiam às recomendações da Healthy People 2010, e realizavam pelo menos 20 minutos de AFV, no mínimo 3 vezes por semana. Contrariamente, a AFM não foi associada ao desempenho escolar mais elevado. Por conseguinte, estudos de revisão sugerem a necessidade de uma investigação adicional de forma a que seja possível esclarecer a relação da intensidade da AF com o desempenho escolar (Owens et al., 2017).

Não obstante, apesar dos conhecidos benefícios da AF e da sua estreita relação com os fatores de risco cardiovasculares, pais, educadores e o Ministério da Educação e Ciência em Portugal não estão consciencializados para a importância de ser ativo e como tal não agem em conformidade com as recomendações internacionais de saúde pública.

Segundo a OMS, as DCV representam cerca de 30% de todas as mortes. Em Portugal, a mortalidade é de aproximadamente 40%, representando a maior carga em termos de saúde pública, com colossais implicações sociais e económicas, tanto para as sociedades desenvolvidas, como para as sociedades em desenvolvimento.

Nos últimos anos, a incidência de fatores de risco cardiovascular tais como distúrbios lipídicos, pressão arterial elevada, resistência à insulina, obesidade, sedentarismo, menores níveis de ACR e entre outros fatores de risco cardiovascular não-tradicionais (marcadores inflamatórios, função endotelial e variabilidade da frequência cardíaca) têm aumentado nas crianças e nos adolescentes, sendo já reconhecidos como uma preocupação na saúde pediátrica (Kavey et al., 2003). Segundo a American Heart Association (AHA), 75% a 90% da epidemia de DCV está relacionada com os fatores de risco, e embora um único fator possa contribuir para as DCV, os mesmos tendem a agrupar-se. A sua aglomeração é definida como a coexistência de vários fatores no mesmo indivíduo (Ribeiro et al., 2004), designando-se de síndrome metabólica a presença de três ou mais fatores de risco. Caracterizada pela intolerância à glicose e resistência à insulina, dislipidemia, hipertensão arterial e obesidade central (Brage et al., 2004), a síndrome metabólica e a sua exposição a longo prazo levam ao aumento da morbilidade cardiovascular e ao risco de mortalidade (Li et al., 2003). Simultaneamente, vários estudos revelam a existência de uma tendência dos fatores de risco se agruparem em pessoas jovens (Andersen et al., 2006) e uma propensão para se rastrearem desde a infância até a idade adulta (Andersen Lars et al., 2004), acentuando, portanto, a problemática em questão.

Recentemente, estudos longitudinais averiguaram, igualmente, que baixos níveis de ACR durante a juventude estão associados ao aumento da rigidez arterial e do risco metabólico na vida adulta (Ferreira et al., 2005). A ACR é representante do estado fisiológico e da capacidade geral dos sistemas cardiovascular e respiratório e descreve a capacidade de realizar exercícios prolongados (Taylor et al., 1955). Considerada um dos mais poderosos preditores de mortalidade cardíaca em adultos (Myers et al., 2002), evidências referem-na como uma ferramenta valiosa para a estratificação de risco cardiovascular, e como tal, está inserida no sistema de vigilância para a prevenção primária de DCV em jovens e adultos (Ortega et al., 2008). De facto, a estratificação dos indivíduos jovens em risco é considerado um dos

primeiros passos na resolução da problemática, contudo a identificação de estratégias para otimizar a saúde cardiovascular, bem como os níveis de ACR são um dos principais caminhos na prevenção da manifestação de DCV (Silva, 2012). Concomitantemente, a ACR está correlacionada, individualmente e em cluster, com os fatores de risco cardiovascular, e a obesidade parece ser um elemento essencial no desenvolvimento da síndrome metabólica (Alberti et al., 2006). No entanto, embora a ACR e obesidade estejam associadas, existem evidências que apoiam a ideia de que a ACR possa ser considerada um fator de risco independente da síndrome metabólica e que possa estar relacionada com risco metabólico através de diferentes vias (Andersen et al., 2008; McMurray & Andersen, 2010). Mecanismos fisiologicamente plausíveis têm sido propostos para a associação dos baixos níveis de ACR com a diabetes e outros fatores de risco cardiovasculares. Indivíduos com baixa ACR tendem a ter uma menor sensibilidade à insulina e menor número de transportadores de glicose quando comparados com indivíduos com melhores níveis de ACR (Ivy et al., 1999), têm níveis mais elevados de triglicerídeos e non-HDL e ainda maior pressão arterial sistólica (Grundy et al., 2012).

Obesidade, fatores de risco cardiovascular, baixa aptidão e os comportamentos sedentários começam a ocorrer na juventude e prolongam-se ao longo dos anos (Andersen et al., 2006). Partindo do pressuposto que níveis adequados de AF aliados a dietas saudáveis poderiam influenciar a ACR, a gordura corporal e, por consequência, o perfil metabólico, parece pertinente intervir ao nível do comportamento das crianças e adolescentes de forma a melhorar e prevenir a saúde cardiovascular (Edmundson et al., 1996).

DESEMPENHO ESCOLAR

A compreensão da educação como um sistema complexo incorporado num contexto político, cultural e económico, permite-nos olhar para a escola como um local de formação à participação construtiva da sociedade onde os conhecimentos, habilidades e atitudes funcionam em unísono. A escola e a comunidade educativa envolvente têm como principal objetivo a proteção e o desenvolvimento do aluno. O foco reside na aprendizagem que reforça as

capacidades das crianças e adolescentes para agirem autonomamente através da aquisição de conhecimentos relevantes, habilidades úteis e atitudes apropriadas. No entanto, nos dias de hoje, apesar de conhecermos o aluno como um ser multidimensional, o sucesso escolar ganha supremacia e domina as atenções. Entendido como um preditor de sucesso pessoal e profissional na vida adulta, as tendências educacionais enfatizam a importância do desempenho escolar (Steinmayr et al., 2015), que passa a ser o interesse principal não apenas dos alunos, mas também dos pais, professores e administradores escolares (Abreu, 2013). Considerado o indicador principal de um futuro bem sucedido, o desempenho escolar é portanto, atualmente, a esfera dominante do sistema educativo.

Considerada uma variável educativa complexa e multidimensional, o desempenho escolar traduz-se num resultado de diversos elementos que intervêm no processo de ensino-aprendizagem do aluno (Santos, 2013). Definir desempenho escolar tem sido, por isso, uma tarefa difícil para a investigação educativa que se debruça nestas questões há vários anos. Segundo López (1994), existem diferentes perspectivas para definir o conceito de desempenho escolar, atribuindo relevância distinta a determinadas variáveis. De acordo com este autor, o desempenho escolar pode ser definido segundo três perspectivas: (a) perspectiva centrada no aluno, baseada na vontade ou na capacidade do mesmo; (b) perspectiva centrada no resultado do trabalho escolar, isto é, na aprendizagem do aluno suscitada pela atividade do professor; (c) perspectiva teórico-prática, na qual o desempenho escolar é consequência de um conjunto de fatores derivados do sistema educativo, da família e do próprio aluno. Esta última concepção reporta-nos para um conceito mais amplo do desempenho escolar, que não se traduz apenas pelos resultados escolares. Saavedra (2001) afirma que o sucesso ou o insucesso escolar não têm uma relação direta com os resultados, contudo é através dos mesmos que grande parte dos países europeus expressa o desempenho dos alunos. São as classificações que têm influência direta no futuro escolar, sendo com base nas notas que se determina a continuação, ou não, no sistema de ensino.

Na mesma linha de pensamento encontramos a definição de Esteban (2000), onde desempenho escolar é interpretado objetivamente como o nível

de conhecimento do aluno numa prova de avaliação, expressa geralmente de forma quantitativa, refletindo o alcance de uma determinada aprendizagem. Inevitavelmente, esta definição reporta-nos para outro tópico crucial do desempenho escolar, a sua avaliação.

Em Portugal, a Direção Geral da Educação estabelece metas curriculares que todas as escolas, sejam privadas ou públicas, devem cumprir para uniformizar o sistema educativo. No entanto, as metodologias utilizadas ficam sempre à responsabilidade de cada escola e professor. A avaliação dos alunos permite não só o acompanhamento do progresso dos mesmos mas também do processo ensino-aprendizagem. Esta subdivide-se em três tipos de avaliação: inicial, formativa e sumativa nas fases intermédias e finais de ciclos. As escolas são responsáveis pela organização da avaliação interna em todas as disciplinas, enquanto que os serviços do Ministério da Educação e Ciência e entidades designadas para o efeito encarregam-se da avaliação externa nas disciplinas de português e matemática no 1º, 2º e 3º ciclos, e nas restantes disciplinas no ensino secundário (Ministério da Educação e Ciência, 2015).

No nosso sistema educativo, o desempenho escolar é expresso por uma classificação final, geralmente de forma quantitativa, e determinada pelo professor da disciplina em questão. Todavia, essa classificação, influenciada por diversos fatores, exprime não só o desempenho a nível cognitivo, como evidencia valores e atitudes intrínsecas ao próprio indivíduo (Crestani, 2015). A Direção Geral de Estatísticas da Educação e da Ciência destaca duas grandes esferas preditoras do desempenho escolar – a escola, onde faz referência aos diferentes tipos de escolas; e o aluno onde distingue diferentes variáveis, tais como o sexo, naturalidade e ano curricular, o índice económico, social e cultural, o nível educacional dos pais e o índice de posse de bens domésticos. Todas estas variáveis influenciam o desempenho escolar e convergem num só resultado, a nota final do ano letivo. Contudo, como seres sociais inseridos em contextos multiculturais é extremamente difícil controlar todas as variáveis influentes, além de que, não existe nenhum instrumento de avaliação normalizado e universal, de forma a dar resposta a todo o sistema educativo. Portanto, a avaliação e as posteriores

classificações ficam sujeitas, inevitavelmente, a alguma subjetividade (Gatti, 2003).

Em Portugal o ensino é gratuito e obrigatório até ao 12.º ano ou até aos 18 anos, idade de maioridade, e a avaliação decorre em todos os ciclos de ensino. As disciplinas abordadas variam de acordo com o ciclo de estudos, contudo, as únicas que acompanham toda a escolaridade obrigatória são as disciplinas de educação física, português e matemática. As duas últimas são as que mais carga horária têm ao longo do sistema de ensino e as únicas avaliadas por exame nacional nos três fins de ciclo de estudo e no ensino secundário.

Dados mais recentes (2016) divulgados pela Direção-Geral da Educação revelaram que a média das notas dos exames nacionais do 9.º ano desceram ligeiramente comparativamente com os dados do ano anterior. A média do exame dos alunos do 9.º ano a português situou-se nos 57% e a matemática nos 47% numa escala de 0 a 100. Segundo os dados conhecidos foi possível verificar que 73% dos alunos obtiveram uma nota igual ou superior a 50% na disciplina de português, contudo na disciplina de matemática só metade conseguiu alcançar nota positiva (Direção-Geral da Educação, 2016). Resultados mais baixos comparativamente com os anos anteriores também se observaram nas notas das disciplinas de português e de matemática dos alunos do 12.º ano. Numa escala de 0 a 20, na 1ª fase, a média das notas na disciplina de português situou-se nos 13,6 valores e, na 2ª fase, nos 12,3 valores. Na disciplina de matemática, na 1ª fase a média situou-se nos 11,2 valores, e na 2ª fase nos 9,9 valores. Relativamente às reprovações, 7% dos alunos não alcançaram nota positiva a português e 15% a matemática (Direção-Geral da Educação, 2016). Por outro lado, as médias das provas finais do 6.º ano subiram ligeiramente. Numa escala de 0 a 100, a classificação média de português foi de 59,5% e a matemática de 51%. Segundo dados europeus, o desempenho escolar em Portugal tem vindo a melhorar, porém as notas na disciplina de matemática são ainda relativamente baixas e inferiores às de português (Direção-Geral da Educação, 2016).

FATORES INFLUENCIADORES DO DESEMPENHO ESCOLAR

A aprendizagem, e consequentemente o desempenho escolar, são o resultado da interação entre múltiplos fatores, que se influenciam mutuamente. Embora estes fatores possam ser analisados separadamente, os mesmos fazem parte de um todo que depende de uma série de condições intrínsecas e extrínsecas ao sujeito (Ferreira, 2005). Por um lado, a aprendizagem depende de cada indivíduo que assume um papel ativo e preponderante ao longo de todo o processo. Por outro lado, este processo é igualmente influenciado pelo meio em que o indivíduo se encontra inserido. Devido à complexidade de variáveis e de relações envolvidas na aprendizagem, a investigação especializada neste domínio de estudos tem procurado identificar os fatores que direta ou indiretamente interagem ao longo deste processo.

No entanto, apesar de se reconhecer que a aprendizagem consiste num processo de interação dinâmico, nem sempre é possível manipular todas as variáveis que a influenciam. Isto é, determinadas características do sujeito são impossíveis de ser medidas, alteradas e dependem apenas do mesmo. Exemplo disso é a personalidade. Definida como um complexo padrão de particulares profundamente enraizadas e dificilmente erradicáveis, inclui a expressão emocional do próprio indivíduo, os seus interesses, valores e crenças, influenciando, em parte, o desempenho escolar (Ferreira, 2005).

Fatores cognitivos como a atenção e a memória, e emocionais como a autoestima e a motivação, são fatores internos, que afetam o desempenho escolar. Estes, apesar de passíveis de avaliação, são mais difíceis de modificar. A aprendizagem acontece por um processo cognitivo imbuído de motivação, afetividade e relação, como tal, para aprender é imprescindível poder e querer fazê-lo (Ferreira, 2005). Segundo Pozo (2002), a motivação deve ser considerada um requisito e uma condição prévia da aprendizagem. Sem esta, a aprendizagem não acontece, e alunos mais motivados no processo de ensino-aprendizagem obtêm melhores resultados (Zimmerman, 2008). A atenção é, igualmente, uma condição indispensável nos processos de compreensão e de aprendizagem, influenciando diretamente o desempenho escolar (Vanhelst et al., 2016). A investigação demonstra que

crianças e adolescentes com défices atencionais têm mais dificuldade no cumprimento de regras e na obtenção de bons resultados escolares (Baptista, 2010).

A idade, outro fator implicado na aprendizagem, revela-se crucial no desempenho escolar. Isto é, o desenvolvimento progressivo e a maturação de funções neuropsicológicas, como a atenção, a percepção ou a memória, contribuem para importantes diferenças ao nível do desempenho escolar (Garcia-Perez et al., 2014). A espécie humana quando nasce compreende um alto grau de imaturidade estrutural e funcional que, progressivamente, e seguindo um determinado calendário de maturação, dá lugar a um maior grau de maturidade. Para além disso, nos estágios iniciais do ciclo de vida, a maturação parece seguir uma sequência mais fixa e previsível. Porém, ao longo do tempo, esta maturação parece sofrer uma maior influência de outros fatores, tais como a cultura, o momento histórico ou o grupo social a que o indivíduo pertence (Navarro et al., 2015). Deste modo, o desempenho escolar depende da idade e, conseqüentemente, do processo de maturação que prepara e possibilita o processo de aprendizagem. Em contrapartida, a aprendizagem estimula o processo de maturação e fá-lo progredir até um determinado nível (Navarro et al., 2015).

Os estudos sugerem ainda diferenças de género ao nível do desempenho escolar. Segundo Maria Cláudia (2007), as raparigas manifestam maior investimento escolar e concentração e apresentam, ainda, maior estabilidade motora, autocontrolo, autonomia e competências de interação em conformidade com as normas escolares. O mesmo autor refere ainda que os rapazes tendem a ser mais indisciplinados, agitados e desorganizados, bem como a valorizar as condutas de turbulência e agressividade tendo estas prolongamento no contexto escolar. Relativamente ao desempenho escolar, as raparigas revelam melhores notas do que rapazes, as diferenças de aproveitamento entre os géneros são maiores nas classes inferiores e no início de cada ciclo de estudos observam-se, no género masculino, quebras de aproveitamento (Mendonça, 2009).

A Escola e a família são contextos de desenvolvimento dos indivíduos com papéis complementares no processo educativo e, portanto, considerados também agentes influenciadores do desempenho escolar

(Stefanini & Cruz, 2006). Entre os fatores influenciadores do desempenho escolar mais relevantes, destacam-se a qualidade da escola e o *background* familiar que se caracteriza pelo nível de escolaridade dos pais, pela sua profissão e pelo estatuto socioeconómico (ESE). Crianças provenientes de famílias com baixo ESE tendem a ter níveis mais baixos de alfabetização e numeracia, problemas comportamentais, dificuldades nos estudos e atitudes negativas para com a escola (Considine & Zappala, 2002). Um estudo realizado por Carlos Augusto (2003) sugere que um baixo ESE está, também, associado a distúrbios nutricionais causados por uma alimentação inadequada, podendo a criança estar abaixo ou acima do peso ideal para sua faixa etária. Este autor explica que a deficiência ou excesso de aporte nutricional podem causar alterações que afetam funções cerebrais complexas, como os processos cognitivos que envolvem a aprendizagem. Crianças sujeitas a défice de nutrientes específicos (e.g., ferro) têm um maior absentismo escolar, atraso de desenvolvimento, dificuldade de concentração, irritabilidade e baixos níveis de energia, em relação às demais crianças (Brandelero & Romanholo, 2011).

A obesidade, igualmente relacionada com o baixo ESE, é um dos problemas de saúde mais comuns, com um aumento da prevalência no mundo entre pessoas de todas as faixas etárias (Twisk, 2001). É durante a infância e a adolescência que esta se revela um fator determinante, uma vez que crianças obesas serão, à partida, adultos igualmente obesos (Biro & Wien, 2010). No entanto, a problemática da obesidade reside na evidência desta se relacionar com doenças crónicas graves, bem como com vários problemas sociais e psicológicos (Telama, 2009) com consequências económicas (Trudeau & Shephard, 2008). De facto, a obesidade figura-se como um distúrbio nutricional que se relaciona com problemas psicossociais, dificuldades comportamentais e de relacionamentos sociais, familiares e escolares, conduzindo, por vezes, a um quadro de depressão, ansiedade, absentismo e baixo desempenho escolar (Taras & Potts-Datema, 2005). Estar acima do peso está, portanto, relacionado com uma variedade de fatores psicossociais e cognitivos, que estão interligados ao desempenho e sucesso escolar. Porém, o peso corporal não deve ser entendido apenas como uma causa do desempenho escolar, mas também como um indicador

de inatividade física (Taras & Potts-Datema, 2005) e de baixa ACR (Mota et al., 2006). Além disso, existe evidência empírica que sugere que a AF e a ACR são fatores influenciadores do desempenho escolar (Mullender-Wijnsma et al., 2015). Estes fatores parecem ainda afetar positivamente áreas cerebrais importantes, que estimulam a cognição das crianças e adolescentes (Pino-Juste et al., 2016).

De facto, o desempenho escolar deve ser entendido como o resultado de um vasto conjunto de variáveis de cariz distinto. A investigação centrada no estudo dessas variáveis permite, aos agentes educativos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, a definição e a implementação de estratégias favoráveis à melhoria do desempenho escolar. Por conseguinte, seria pertinente continuar a investir no desenvolvimento de estudos sobre o papel da AF na promoção do desempenho escolar, considerando um leque diversificado de outras variáveis consideradas determinantes para o desempenho escolar.

ATIVIDADE FÍSICA, APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA E DESEMPENHO ESCOLAR

Apesar dos recentes esforços para entender a relação entre a AF e o desempenho escolar, ainda nos deparamos com diversas divergências e resultados inconsistentes (Donnelly et al., 2016). De facto, os resultados dos estudos transversais são mistos, sem padrões claros entre os níveis de intensidade da AF e o desempenho escolar. Apresentam grande variabilidade nas medidas usadas para avaliar, quer a AF, quer o desempenho escolar, e demonstram falta de controlo dos fatores confundidores. As incongruências existem, também, resultado da grande variação do tamanho da amostra, e ainda das discrepâncias nas idades e sexo dos participantes. Senão vejamos, Van Dijk et al. (2014) avaliaram 255 estudantes holandeses do 7.º e 9.º anos, e encontraram diferenças nos resultados em função do ano escolar. A AFMV e AF total estavam positivamente associadas ao desempenho escolar dos alunos que frequentavam o 9.º ano, contudo, estavam negativamente associadas ao desempenho escolar dos alunos do 7º ano.

Por outro lado, Kwak et al. (2009) estudaram apenas alunos suecos do 9.º ano e observaram a existência de diferenças entre sexos, estabelecendo apenas associação positiva entre a AF vigorosa e o desempenho escolar nos adolescentes do sexo feminino. De um modo geral, a literatura científica aponta para a existência de associações positivas entre a AF e o desempenho escolar (Kim & So, 2012; Kristjánsson et al., 2010). Todavia, a maioria dos estudos utilizou medidas de autorrelato da AF que poderão potencializar a superestimação do tempo gasto em AFMV (Chinapaw et al., 2009) e, conseqüentemente, o enviesamento dos resultados.

Estudos transversais com recurso a medidas objetivas da AF obtiveram resultados contraditórios. Booth et al. (2014) foi o único estudo encontrado que, através de acelerometria, verificou associações positivas entre a AFMV e todas as componentes analisadas do desempenho escolar, tendo em consideração fatores confundidores importantes como o ESE. Harrington (2013), que também avaliou a associação da AF com o desempenho escolar, verificou que AFMV estava simplesmente relacionada com o desempenho na disciplina de português. Por sua vez, Lambourne et al. (2013) apenas encontraram associações positivas da AFMV com a disciplina de matemática. Ambos os estudos não encontraram associações em todas as medidas do desempenho escolar e não utilizaram, igualmente, o ESE como um fator confundidor. Em contrapartida, Syväoja et al. (2013) estudaram a associação da AF avaliada, quer por acelerometria, quer por questionário, constatando diferentes resultados. Se por um lado, foi encontrada uma associação positiva entre a AFMV avaliada através de questionário e o desempenho escolar, por outro lado, não foi encontrada qualquer associação entre estas duas variáveis, quando a AFMV foi avaliada através de acelerómetros.

Outra questão que ainda permanece por responder diz respeito à intensidade ideal de AF necessária para observarmos efeitos no desempenho escolar. Atualmente não existe, na literatura, consenso sobre este tópico em estudo. Na tentativa de ir ao encontro do binómio AF/desempenho escolar, um estudo longitudinal espanhol com 1778 crianças e adolescentes, dos 6 aos 18 anos, chegou à conclusão que a AFMV estava inversamente relacionada com o desempenho escolar, independentemente de possíveis

fatores confundidores, tais como variáveis neonotais, de gordura e de fitness (Esteban-Cornejo et al., 2014a). Ainda a respeito da interação entre diferentes intensidades de AF e o desempenho escolar, Coe et al. (2006) demonstraram que a AF moderada não afeta o desempenho escolar. Segundo estes autores, é necessário a realização de AFV para produzir melhorias no desempenho escolar. De acordo com o estudo, apenas as crianças que tinham regularmente AF com intensidade superior às recomendações internacionais alcançavam um nível de escolaridade mais elevado. Porém, outros estudos defendem que a AFV se associa ao desempenho escolar unicamente nas raparigas (Kwak et al., 2009), e que o desempenho escolar apenas está relacionado com a ACR nos rapazes (Etnier et al., 2006). De facto, a ACR parece estar positivamente associada ao desempenho escolar, e o número de estudos que nos apontam para uma associação entre estas duas variáveis é cada vez maior. Contudo, a relação ACR/desempenho escolar também não é linear. Embora os resultados dos estudos tenham sido principalmente positivos, os efeitos foram, por vezes, pouco claros e imprecisos. Várias foram as investigações que não consideraram variáveis importantes, divergiram de acordo com o sexo ou com as disciplinas avaliadas ou ainda com a componente da aptidão física analisada. De facto encontramos estudos que defendem a associação da aptidão física geral como desempenho escolar (Fedewa & Ahn, 2011), contudo, a maioria das investigações asseguram que a componente mais fortemente relacionada é a ACR (Chen et al., 2013; Van Dusen et al., 2011a). Num estudo conduzido com 259 crianças do 3.º e 5.º ano de escolaridade, a aptidão física foi avaliada através da bateria de testes Fitnessgram, constando-se, através das análises de regressão, que a ACR estava positivamente associada à realização na leitura e na matemática, bem como ao desempenho escolar geral (Castelli et al., 2007). No entanto, as outras medidas da aptidão física não foram relacionadas ao desempenho escolar. Outros autores corroboram a mesma opinião, afirmando que a ACR é a componente da aptidão que obtém uma relação mais estreita com o desempenho escolar (Chen et al., 2013; Sardinha et al., 2014; Van Dusen et al., 2011b; Welk et al., 2010). Estudos longitudinais tentaram ir mais longe nas investigações, procurando clarificar a influência da ACR no desempenho

escolar ao longo do tempo. Por exemplo, Sardinha et al. (2016) estudaram uma amostra de 1286 adolescentes durante três anos e, de acordo os resultados do PACER, classificaram-nos como aptos/não aptos. Segundo estes autores, os adolescentes classificados como aptos na 1ª e na 2ª avaliação, e aqueles que passaram de não aptos na 1ª avaliação para aptos na 2ª avaliação, tinham mais oportunidades de obter bons resultados escolares, quando comparados com os adolescentes que foram classificados como não aptos na 1ª e na 2ª avaliação. Do mesmo modo, um estudo semelhante realizado por Wittberg et al. (2012) obteve resultados muito idênticos.

Embora sejam necessárias mais diligências para avaliar a influência da AF e da ACR no desenvolvimento cognitivo das crianças e adolescentes, algumas investigações realizadas em humanos e animais sugerem que mecanismos fisiológicos e psicológicos estão envolvidos na associação entre AF, ACR e o desempenho escolar (Castelli et al., 2007; de Greeff et al., 2014).

No que se refere aos mecanismos fisiológicos, incluem-se fundamentalmente as alterações nas funções cerebrais que sustentam a cognição. Estudos têm revelado que, quer a AF, quer uma melhor ACR, induzem a angiogénese no córtex motor, aumentam o fluxo sanguíneo cerebral e propiciam o aumento da vasculatura no córtex cerebral (Esteban-Cornejo et al., 2014c; Monti et al., 2012). Paralelamente, influenciam o desenvolvimento neural através do aumento da densidade das sinapses neurais (Harriss & Atkinson, 2011) e os níveis de neurotransmissores do cérebro, como a serotonina e/ou noradrenalina que facilitam o processamento da informação (Torrijos-Niño et al., 2014). A AF tem, ainda, uma ação relevante na regulação de neurotofins que influenciam a neurogénese, nomeadamente no aumento da síntese do fator de crescimento derivado do cérebro, conhecido por BDNF (Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro). A importância desta proteína advém do seu papel fundamental na plasticidade do cérebro, na memória e na aprendizagem (Winter et al., 2007). De referir ainda que os benefícios da AF atuam, em particular, sobre os lobos frontais do cérebro, lobos estes que estão envolvidos na regulação das funções executivas (Åberg et al., 2009). Estudos transversais sugerem,

igualmente, que durante tarefas cognitivas, crianças com maior ACR têm o hipocampo e os gânglios basais maiores, ativação cerebral mais eficiente e maior eficiência neuroelétrica, quando comparadas com crianças com uma menor ACR (Haapala, 2013). Além disso, a ACR está relacionada com a microestrutura de feixes de fibras brancas no cérebro durante a infância, sendo uma via para melhorar o desempenho cognitivo e acadêmico (Chaddock-Heyman et al., 2015).

Relativamente ao mecanismos psicológicos, diferentes estudos defendem que a AF está positivamente associada à redução do stress, do tédio e da ansiedade, ao aumento da autoestima e à melhoria do humor devido ao acréscimo dos níveis de norepinefrina e endorfinas (Fleshner, 2000). Pensa-se também que a AF está positivamente associada à melhoria do funcionamento cognitivo, em particular à atenção e à memória de trabalho (Chaddock et al., 2012; Hillman et al., 2005). Por outro lado, têm sido avançadas algumas conclusões a nível comportamental. Alguns autores creem que a AF pode melhorar o comportamento dos alunos no contexto de aprendizagem, bem como a concentração na sala de aula (Singh et al., 2012), e que estudantes com melhor desempenho escolar são mais orientados para o sucesso (Ntoumanis & Thøgersen-Ntoumani, 2006). Isto é, tendem-se a esforçar para alcançar melhores resultados tanto na disciplina de educação física, através do aumento da aptidão física e aprimoramento das habilidades motoras, como nas disciplinas mais teóricas.

As descobertas da Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) mostram as mudanças na saúde dos jovens à medida que passam da infância à adolescência e à idade adulta. Estas revelam que comportamentos estabelecidos durante este período de transição podem continuar na idade adulta, afetando a saúde mental, o álcool e tabagismo, a dieta e os níveis de AF. Ainda segundo a HBSC, os adolescentes enfrentam muitas pressões e desafios (e.g.) expectativas académicas crescentes, o tempo de AF na população jovem é diminuto, e as maiores quebras de AFMV acontecem na adolescência. Considerando que a AF e a ACR possam ser propulsoras da saúde em geral e que, apesar das lacunas na investigação, possam estar relacionadas com o desempenho escolar, parece fundamental aumentar o número de estudos que explorem convenientemente estas associações

(Donnelly et al., 2016) de forma a que a sustentação teórica saia enriquecida para intervenções futuras necessárias (Lawlor et al., 2015).

\

TRABALHO EXPERIMENTAL

TRABALHO EXPERIMENTAL

A presente tese é composta por três estudos transversais inseridos no projeto de intervenção AFINA-te (Atividade Física e Informação Nutricional para Adolescentes), realizado no distrito do Porto e de Bragança, com o objetivo de cultivar hábitos desportivos e alimentares mais saudáveis entre as crianças e adolescentes.

A aprovação ética para os estudos foi obtida pelo Comité Científico da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, pela Fundação para a Ciência e Tecnologia e pela Secção Regional do Ministério da Educação. Os referidos estudos foram realizados segundo as orientações para a investigação humana da Declaração de Helsínquia.

A recolha de dados foi realizada em várias escolas básicas e secundárias do distrito do Porto no ano letivo 2011/12, após a autorização dos respetivos diretores, encarregados de educação e alunos. Os intervenientes do estudo foram informados sobre os objetivos e os benefícios do mesmo, tendo sido assegurado o anonimato e a confidencialidade dos dados. Os critérios de seleção dos participantes foram: a) participação nas aulas de educação física (disciplina obrigatória no âmbito do Sistema Educativo Português) e b) ausência de problemas de saúde física e mental.

Deste modo, a amostra incluiu 1222 crianças e adolescentes dos 10 aos 18 anos de idade (675 raparigas e 547 rapazes) com uma média de idades de 13,16 ($\pm 2,58$). As informações básicas sobre os participantes, as variáveis e os instrumentos utilizados em cada um dos estudos são apresentados na figura 1.

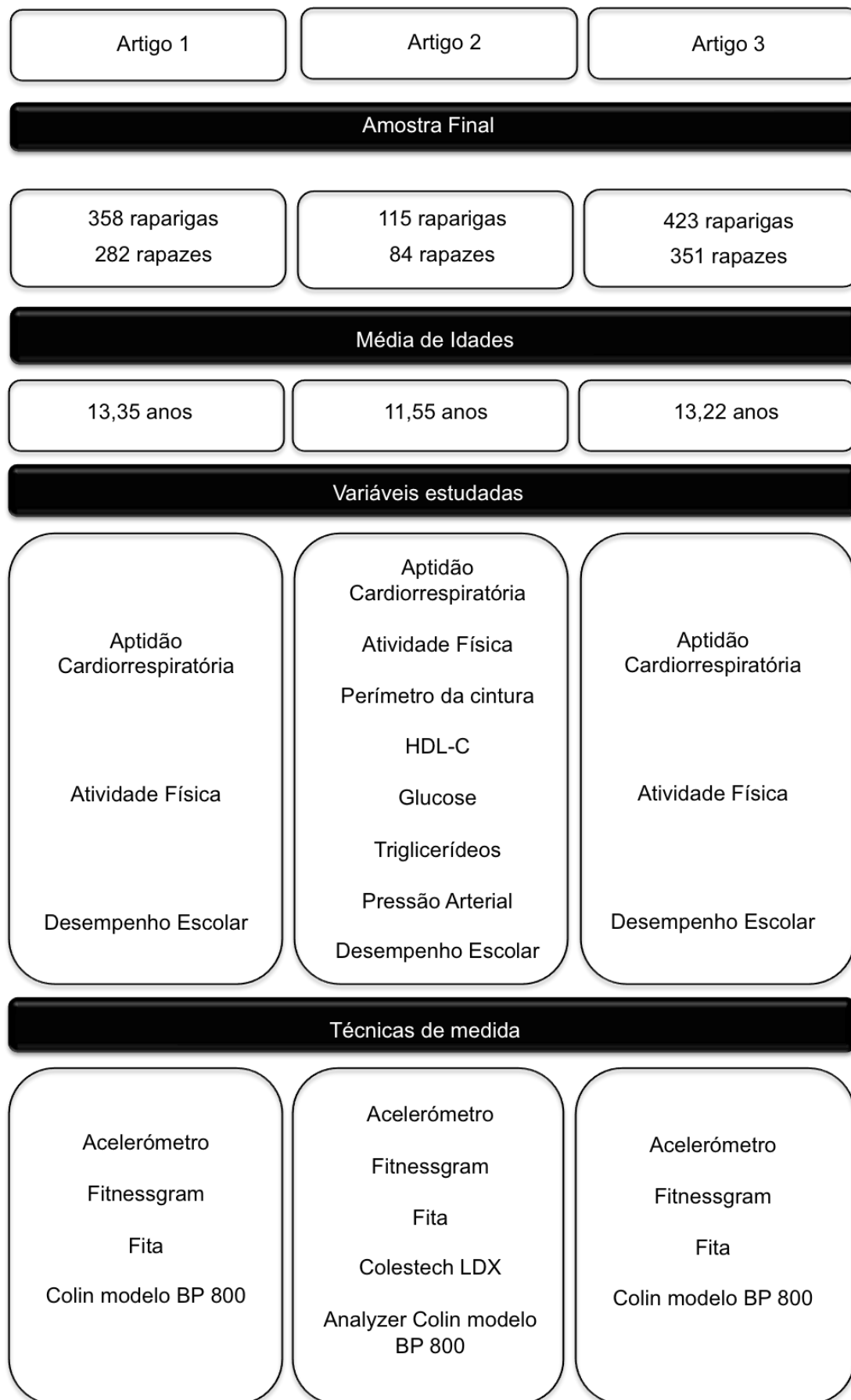


Figure 1. Diagrama do trabalho experimental

Medidas

A descrição detalhada das medidas utilizadas, bem como dos procedimentos metodológicos, é apresentada de seguida.

Atividade Física

A AF objetivamente avaliada é considerada uma medida robusta. Como tal, utilizamos acelerómetros actigraph, modelo GT3X (Pensacola, FL, EUA) para a avaliarmos. O GT3X é um pequeno e leve acelerómetro triaxial, capaz de medir acelerações nos três eixos. A duração da epoch foi ajustada a 30 Hz e os dados foram subsequentemente convertidos em epochs de 2 segundos.

O acelerómetro foi fixado no lado direito da cintura e os participantes foram instruídos a usá-lo durante todo o dia e a removê-lo apenas durante as atividades aquáticas e as horas de sono, ao longo de 7 dias consecutivos.

Após a recolha, os dados foram transferidos para o *software* Actilife (versão 6.8.1) onde foram processados. Os períodos de tempo com pelo menos 10 minutos de zeros consecutivos foram excluídos da análise, assumindo que o acelerómetro não estava a ser utilizado. Uma gravação mínima de 480 minutos por dia e um mínimo de 4 dias de utilização válida foram os parâmetros estabelecidos para considerar os dados da AF diária. A análise foi efetuada de acordo com os pontos de corte de Evenson et al. (2008), considerando-se os seguintes intervalos para determinar o tempo gasto de AF em diferentes intensidades: atividade sedentária – 0 a 100; ligeira – 101 a 2295; moderada – 2296 a 4011; vigorosa – a partir de 4012.

Aptidão Cardiorrespiratória

A ACR foi avaliada através do teste 20m Vaivém da bateria de testes do Fitnessgram (The Cooper Institute for Aerobics Research, 2010). O

Vaivém é um teste de patamares de esforço progressivo, aplicado ao som da música, que visa medir a aptidão aeróbia.

O teste, composto por 21 níveis de esforço, consiste em correr, para trás e para a frente, entre duas linhas de 20 m de distância entre si, com uma velocidade crescente de um em um minuto determinada por sinais áudio. No primeiro nível, o aluno tem 9 segundos para percorrer um percurso de 20m, diminuindo meio segundo em cada nível seguinte. Os alunos devem chegar às linhas imediatamente antes do sinal sonoro, sinal este que indica o momento de inversão do sentido de corrida. O procedimento é repetido até ao aluno demonstrar incapacidade de manter o ritmo necessário de corrida e não conseguir chegar à linha antes do sinal sonoro por duas vezes (não necessariamente consecutivas). O número total de percursos foi registado e considerado como parâmetro principal representante do nível de ACR.

O teste 20m Vaivém tem uma correlação significativa com o consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) ($r=0,80$) sendo, portanto, uma medida fiável da capacidade aeróbia em crianças e adolescentes (Vincent et al., 1999). Para além de ser uma medida confiável, o teste foi escolhido devido à sua facilidade de administração em estudos populacionais, ao seu baixo custo associado e à familiarização dos participantes com o mesmo, uma vez que a bateria de testes do Fitnessgram está incluída no currículo da disciplina de Educação Física em Portugal. Para além disso, este teste já foi usado com crianças e adolescentes portugueses de faixa etária semelhante (Silva et al., 2012b), sendo considerada uma ferramenta adequada para a estratificação do risco metabólico (Silva et al., 2012a). De forma a evitar a dispersão substancial de erros aleatórios existentes nas equações de VO_{2max} , utilizou-se um indicador bruto de desempenho do Vaivém – o número de percursos realizados pelos participantes. Este parece, de facto, ser um bom indicador da ACR, com melhores correlações com o VO_{2max} quando aferido pelo número de percursos completos ($r = 0,75$, $p < 0,001$) (Silva et al., 2012b).

Fatores de risco metabólico

O perímetro da cintura (PC) foi medido com uma fita métrica não metálica, na linha média entre a última costela inferior e a crista ilíaca anterior superior, no final de uma expiração normal (Graham et al., 2007).

A pressão arterial sistólica e diastólica foram medidas através de um esfigmomanómetro eletrónico – Colin BP 8800 (Critikron, Inc., Tampa, FL), no braço direito. A medição foi realizada no braço nu, com o mesmo fixado à altura do coração, e com os participantes sentados numa posição confortável (costas apoiadas e pernas não cruzadas), depois de um descanso de 5 minutos. Pelo menos duas medições foram realizadas com um intervalo de 2 minutos entre elas. A diferença entre a primeira e a segunda medição não poderia ser maior do que 5 mmHg, repetindo-se o procedimento até que a diferença mínima fosse alcançada. Para a análise utilizou-se a média das duas medições com valor igual ou inferior a 5 mmHg (Pickering et al., 2005).

Foram recolhidas amostras de sangue por profissionais treinados de acordo com o protocolo do Centro de Controle de Doenças de amostra de sangue capilar. As amostras de sangue foram retiradas do dedo médio e colhidas em tubos capilares 35 µl Selzer revestidas com heparina de lítio e analisadas imediatamente através do Colestech LDX Analyser. Através do protocolo supracitado obteve-se os valores da glucose, da lipoproteína de alta intensidade (HDL-C) e dos triglicerídeos (TG).

Síndrome metabólica

Para determinar os fatores de risco metabólico em crianças e adolescentes, utilizamos os critérios definidos pela International Diabetes Federation (2007) (IDF) que propõe os seguintes valores: HDL-C < 40 mg / dL, TG ≥ 150 mg / dL, GLU ≥ 100 mg / dL, WC ≥ percentil 90, e pressão arterial sistólica ≥ 130 ou pressão arterial diastólica ≥ 85 mmHg.

Desempenho Escolar

O desempenho escolar foi avaliado através dos registos escolares do final do ano letivo, disponibilizados pelos serviços administrativos das escolas participantes no estudo. Utilizaram-se dois indicadores: as notas de matemática e as notas de português. Optamos por considerar apenas estas duas disciplinas nucleares, pois são as que acompanham os alunos desde a sua entrada no sistema de ensino português até à universidade. Além disso, recentes linhas de investigação aferem o desempenho escolar das crianças e adolescentes nas áreas da leitura/escrita e matemática (Bunketorp Käll et al., 2015; Have et al., 2016; Maher et al., 2016; Mullender-Wijnsma et al., 2015).

Os resultados escolares dos alunos foram classificados de 1 a 5 (1 = Mau e 5 = Muito Bom), tendo em conta que foram adotados procedimentos semelhantes em investigações idênticas (Esteban-Cornejo et al., 2014c; Sardinha et al., 2016).

Fatores confundidores

O ESE foi estabelecido através da ação social escolar, uma medida de apoio na comparticipação das despesas escolares dos alunos (aquisição de livros e material escolar, refeições e transportes). O escalão de ação social escolar é indexado ao escalão de abono de família e é calculado tendo em conta os rendimentos do agregado familiar: escalão A (alunos mais necessitados economicamente), escalão B e sem escalão C ou sem escalão (alunos que não têm qualquer ajuda económica por parte da escola). Optou-se por esta medida uma vez que este permite uma avaliação confiável da condição financeira do agregado familiar estabelecida pelos órgãos competentes do nosso país (O'Dea & Mugridge, 2012).

As medidas antropométricas foram realizadas com os pés descalços e com pouca roupa, de acordo com os procedimentos descritos por Stewart et al. (2011). A altura (cm) foi medida com SECA 206 Bodymeter Measuring Tape (SECA, Hamburg Germany). O peso e a percentagem de massa gorda (% MG) foram avaliados através de uma balança digital (TANITA BF-522 W, Tokyo, Japan).

A avaliação da composição corporal baseou-se no IMC, calculado a partir da razão entre o peso / altura (m^2). Considerou-se os pontos de corte estabelecidos por Cole et al. (2000) para determinar excesso de peso e obesidade. Apesar de existirem vários métodos para a avaliação deste parâmetro, utilizou-se o IMC tendo em consideração o facto de ser um método de fácil determinação e por permitir fazer avaliações em estudos populacionais de grande escala com um baixo custo. A procura de consenso na definição de obesidade em crianças e adolescentes, relacionando a fase da juventude com a vida adulta, conduziu o *Childhood Obesity Working Group* da *International Obesity Task Force* (IOTF) a desenvolver uma definição universal com pontos de corte apropriados (Cole et al., 2000). Os pontos de corte do IMC para o excesso de peso e obesidade em crianças e jovens (2-18 anos) foram calculados e organizados com base nos pontos de corte de adultos de 25 e 30 kg/m^2 através de interpolação linear de acordo com a idade e o sexo (Cole et al., 2000).

ARTIGO I

ARTIGO 2

Cardiorespiratory fitness, academic achievement and metabolic syndrome

Author Details:

Tânia Oliveira¹✉, Andreia Pizarro¹, Manuela Costa¹, Gustavo Silva¹,
Jorge Mota¹, José Carlos Ribeiro¹

¹Research Centre in Physical Activity, Health and Leisure, Faculty of Sports,
University of Porto, Portugal

Faculty of Sport, University of Porto

Rua Dr. Plácido Costa, 91, 4200-450 Porto, Portugal

Phone: +351 225074785, Fax: +351 225500689

Email addresses:

TO: toliveira@fade.up.pt

ANP: andreia.pizarro@gmail.com

MC: mcosta@fade.up.pt

LF: eremitalf@gmail.com

GS: gugonsilva@gmail.com

JM: jmota@fade.up.pt

JCR: jribeiro@fade.up.pt

✉: Corresponding author

Tânia Filipa Silva Oliveira

Research Centre in Physical Activity, Health and Leisure

Faculty of Sport, University of Porto

Rua Dr. Plácido Costa, 91, 4200-450 Porto, Portugal

Phone: +351 225074785, Fax: +351 225500689

e-mail: toliveira@fade.up.pt

Under review: Journal of Sport and Health Science

Abstract

Objectives: The study examined the independent associations of cardiorespiratory fitness (CRF) with the metabolic syndrome (MS) and academic achievement (AA) in children and adolescents.

Design of the study: Participants were 198 children and adolescents aged 10-15 years. The criteria for MS defined by International Diabetes Federation for children and adolescents, CRF was estimated from the 20m Shuttle Run Test and Academic achievement was based on the mean of Mathematics and Native Language final grades and was dichotomized into low and high AA.

Results: The logistic regression analysis suggests that students with low CRF have higher odds to have MS and low AA (OR = 5.850, 95% CI = 2.009-17.038).

Conclusions: Results suggest a positive association of CRF in reducing metabolic risk factors and increasing AA. Strategies to increase CRF may be particularly relevant as it is likely to have a positive impact on children's health and eventually decrease metabolic diseases and improve AA.

Keywords: Cardiovascular risk factors, children and adolescents, academic performance

Introduction

The importance and influence of cardiorespiratory fitness (CRF) on physical and mental health is increasingly evident and relevant. CRF is recognized as a great marker of cardiovascular health and seems to have positive effects on cognition and academic achievement (Castelli, Hillman, Buck, & Erwin, 2007; Chen, Fox, Ku, & Taun, 2013). In youths, reduced CRF is associated with obesity (Tanha et al., 2011) and features of metabolic syndrome (MS) (Anderssen et al., 2007), a condition of clustered cardiovascular risk factors. In last decades, the prevalence of cardiovascular risk factors has become a major challenge to health, increasing the risk of cardiovascular disease, type II diabetes, non-alcoholic liver disease, kidney disease and some types of cancer in adults (Zimmet et al., 2007). In childhood and adolescence, the presence of one or multiple risk factors should be a cause for concern. Although not entirely clear, some evidence suggests that the presence of risk factors for metabolic syndrome reveals to be not only harmful to health in general, but also to the health of the brain and cognitive function (Scudder et al., 2015).

Furthermore, academic achievement is considered an important indicator of further successful achievements in professional life as well as a good indicator of higher academic position and income level (Steinmayr, Meibner, Weidinger, & Wirthwein, 2015).

Therefore, the purpose of the present study was to analyze the associations between CRF, metabolic risk factors and academic achievement (AA) in children and adolescents.

Method

Participants

This cross-sectional study is integrated in AFINA-te Project Study (Physical Activity and Nutritional Information for Adolescents), a longitudinal study being developed in Porto area, Portugal, designed as an intervention project to promote nutritional knowledge and physical activity (PA). Ethical approval was obtained by the Scientific Committee of the Faculty of Sport at the University of Porto, by the Foundation for Science and Technology and Regional Section of the Ministry of Education, and was carried out according to the guidelines for human research of the Helsinki Declaration.

The participants of the study were informed about the objectives and benefits of the study, and written informed consent was obtained from all students and their legal guardians. The same group of researchers carried out all measures. To be eligible, participants had to report the absence of physical and mental health problems and participate in physical education classes (compulsory under the Portuguese educational system). The data was collected in school environment, after the given approval of the school directors of every school. A total of 76 public schools in the school education of the Port area (Portugal) were invited by letter and email to participate in the study. Of these, 41 refused, 17 did not respond and 18 accepted. Due to lack of resources and failure in bilateral negotiations the data were collected in 9 schools with a total population of 3136 students from 5th to 12th grade of the school. Of the 1222 individuals interviewed, after eliminating subjects due to collecting errors and missing information, 640 children and adolescents (358 girls and 282 boys),

composed the sample. From those, 115 girls and 84 boys with mean age of 11.55 (± 0.81) years old had parental authorization to collect capillary blood samples and took part in this particular study.

Materials and Procedure

Cardiorespiratory Fitness

Participants performed the 20m Shuttle Run (SR) Test according to the protocol suggested by FITNESSGRAM (The Cooper Institute for Aerobics Research, 2010). The SR Test predicted maximal aerobic capacity and showed significant correlation with $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($r = 0.80$) suggesting that it can be used as a measure of aerobic fitness in children (Vincent, Barker, Clarke, & Harrison, 1999).

The test consists in running back and forth between two lines 20 meters apart, with running speed determined by audio signals from a pre-recorded music CD. The running speed increases at the end of each one-minute stage and the test ends when the subjects twice fail to reach the lines at the time indicated by the audio signals, demonstrating an inability to keep the required pace.

The total number of shuttles was registered and CRF was estimated as the number of stages completed. It should be noted that all participants were familiar with the test, since it is a part of the curriculum of Physical Education in Portugal and was validated for Portuguese adolescents (Silva et al., 2012). The same researchers performed all the evaluation and provided verbal encouragement to assure the maximal volitional capacity during the test.

Academic Achievement

The AA was evaluated through the school results at the end of the school year, using the average of the grades obtained in Mathematics and Native Language. For analytical purposes, individual grades were converted to numerical data from one (1) to five (5), according to the Portuguese classification system, where 1 = F and 5 = A. Two groups were then created – the low academic achievement group including grades from 1 to 3.5 and the high academic achievement group with grades > 4.

Metabolic risk factors

The waist circumference (WC) was measured with a non-metallic measuring tape, at the midline between the inferior border of the lowest rib and the anterior superior iliac crest (Graham et al., 2007) at the end of a normal expiration.

Systolic and diastolic blood pressure were measured in the right arm, with the participants sitting in a comfortable position, i.e., back supported and legs not crossed, after a 5 minutes rest, and using an electronic sphygmomanometer - Colin BP 8800 (Critikron, Inc., Tampa, FL). The measurement was carried out in bare arm, with the arm set at the same height as the heart. At least two measurements were performed with an interval of 2 minutes between them. If the difference between the first and the second measurements were greater than 5 mmHg the procedure was repeated until the difference between the measurements was equal to, or less than this range. For

the analysis, it was used the average of the two measurements with the range equal to or less than 5 mmHg (Pickering et al., 2005).

In order to obtain the values of abstaining glucose, high intensity lipoprotein cholesterol (HDL-C) and triglycerides (TG) blood samples were taken by trained professionals according to the Center of Disease Control capillary blood sample protocol. The blood samples were taken from the middle finger and harvested in capillary tubes 35 μ lSelzer coated with Lithium heparin and analyzed right away using the Colestech LDX Analyser.

Metabolic syndrome

The risk cluster for MS in children and adolescents was defined according to the criteria of the International Diabetes Federation (2007). Therefore, for children aged 10 years or older, MS was diagnosed with abdominal obesity ($WC \geq 90$ th adjusted percentile) and the presence of two or more other clinical features (ie $TG \geq 150$ mg/dL, $HDL-C < 40$ mg/dL, $GLU \geq 100$ mg/dL systolic blood pressure ≥ 130 or diastolic blood pressure ≥ 85 mmHg).

Confounding factors

The anthropometric measurements were carried out with children and adolescents on bare feet and lightweight clothing. Mass and percentage body fat (% MG) were collected using a digital scale (TANITA BF-522 W, Tokyo, Japan), and height (cm) was measured with body meter Measuring Tape 206 DRY (dry,

Hamburg Germany). The body mass index (BMI) was calculated from the ratio of the weight (kg) / height (m²) and overweight and obesity were defined according to sex and age-adjusted cut-off points, proposed by Cole et al., (2000).

The SES was established through the information of the School Social Action Services which classifies the students based on family's income. Students are categorized into three levels: A (lowest SES), B (medium SES) and non-beneficiaries (high SES).

Data Analysis

The analyses were performed using the IBM SPSS Statistics (21 version; SPSS, Inc., Chicago, IL). The descriptive statistics were used to characterize the sample and the significance level was set at 5% ($p < .05$). CRF was categorized using age and gender adjusted quartiles. One-Way ANOVA was used to identify differences between gender and CRF groups. The sample was divided in two groups: Group 1 including participants with high AA together with MS or participants with low AA and no MS (considered simple benefit) and participants with low AA together with MS (considered no benefit); Group 2 including participants with high AA and no MS (considered double benefit). Logistic regression analysis model was conducted to establish associations between CRF and two groups. The potential confounders such as age, gender, BMI and SES, were included in the analysis to find the model that best fits the observed data.

Results

Sample characteristics are presented in Table 1. Approximately 58% of the students were girls. Mean BMI was 20.51 kg/m², which is within normal values for age and gender. Sample SES was mainly low, about 59%. Table 2 provides the number of subjects showing each component of the MS. Most prevalent lipid disorder was low levels of HDL-C (35.9%) followed by high levels of systolic blood pressure (13.6 mmHg). Approximately 15% of the sample had high levels of glucose. Metabolic syndrome defined by abdominal obesity and the presence of two or more other clinical features was observed in 9,1% of the sample.

A logistic regression (Table 3) was performed to ascertain the effects of low CRF on the likelihood of the participants to have MS and low AA. The logistic regression model was statistically significant $\chi^2(3) = 17.846$ $p < .000$. The model explained 12.7% (Nagelkerke R^2) of variance in the Group 1 and correctly classified 74.7% of cases. The CRF predictor variable was statistically significant. Participants with lowest levels of CRF had 5.85 times higher odds to exhibit risk for either clustering MS or lowest AA, or both together.

Discussion

Main findings from the present study showed an inverse association between CRF with MS and a positive association with AA in children and adolescents. Our results show that higher levels of CRF are associated with lowering of major

cardiovascular health indicators. These results highlight the relevance of CRF as a marker of metabolic and cardiovascular health in youths, and similar trends were reported in previous investigations. Moreira et al. (2010) have shown that Azorean unfit teenagers were more likely [odds ratio (OR) = 3.414; 1.150-10.129] to have MS when compared with fit teens. In a cross-sectional study (Stabelini Neto et al., 2011) focusing on CRF in adolescents it was also verified that there was a significant relationship between low CRF and MS [odds ratio (OR) = 3.0; 95% confidence interval (CI), 1.13-7.94]. Previous researches showed that CRF is a strong and independent predictor of MS, and that teenagers in lower tertile of CRF have a prevalence of MS, equivalent with the global prevalence of MS of adults in the United States, while none of the teenagers with high CRF had MS (Janssen & Cramp, 2007).

The CRF is associated with metabolic risk factors in youth, probably through multiple ways (Cooper et al., 2014; Lee et al., 2012). In fact, according to some studies, aerobic fitness is independently associated with cardiovascular risk factors, such as blood pressure (Fossum, Hoiegggen, Moan, Rostrup, & Kjeldsen, 1999), insulin (McMurray, Bauman, Harrell, Brown, & Bangdiwala, 2000), cholesterol, as well as inflammatory markers indicators in children and adolescents (Fossum et al., 1999; McMurray et al., 2000). CRF is determined by the intensity and amount of exercise, however, 25 to 40% of the variability in CRF can be attributed to heritable factors (Bouchard & Rankinen, 2001). Intrinsic physiological factors, such as oxidative capacity of the muscle, the distinct variation of the skeletal muscle fiber type, bone mineral density and size of the heart (Lessard et al., 2013) may, in part, explain part of the variability in CRF. However, to date, no specific genetic variants have been identified that can explain both CRF levels and metabolic risk factors.

Longitudinal studies (Jurca et al., 2004; LaMonte et al., 2005) may help to understand this relationship, it is shown that improved CRF, regardless of hereditary factor, can lead to improvements in cardiovascular risk factors. Lee et al. (2012) followed 3,148 healthy adults and observed changes in fitness vs development of CVD risk factors, including MS. Authors found that after adjusting for possible confounders and fatness or fitness those participants maintaining or improving fitness were associated with lower risk of developing each outcome of MS. Participants who maintained or improved fitness had 26% and 28% lower risk of incident hypertension, 42% and 52% lower risk of metabolic syndrome, and 26% and 30% lower risk of hypercholesterolemia, respectively, compared with those who lost fitness. Although CRF variation is broadly explained by genetic factors, there is a theoretical framework with substantial evidence pointing that moderate PA and regular exercise also play an important role in the regulation of CRF levels (Ruiz et al., 2006). Therefore, promoting intervention programs to improve PA levels can be a way to enhance CRF and metabolic profiles (Andersen et al., 2006).

Our research also studied the association of CRF with AA and found that higher levels of CRF are associated with high AA consolidating most research (de Greeff et al., 2014; Esteban-Cornejo et al., 2014). Recent studies, such as Sardinha, Marques, Martins, Palmeira, and Minderico (2014), have shown that CRF is a predictor of AA. A sample of 1531 students aged 12-14 years found that the CRF and weight status were independently associated with AA. Likewise, a recently study (Janak et al., 2014) held in Texas with 2,550,114 participants showed that adolescents with a healthy BMI and CRF was associated with a higher AA.

Due to its kind, longitudinal studies support our results and show that CRF improves AA (Chen et al., 2013; London & Castrechini, 2011). Over 3 years, Sardinha et al. (2016) studied a sample of 1286 adolescents. According to PACER test results at baseline and follow up, were classified as fit-fit, unfit-fit, fit-unfit, and unfit-unfit and concluded that high CRF at baseline was associated with better school grades at follow up, and the participants that became fit, obtained higher AA compared with participants who were unfit at both time points.

Fedewa and Soyeon (2011) executed a meta-analysis of 20 cross-sectional studies on the relationship between the child's physical fitness, AA and children's cognitive outcomes. When physical fitness was measured using total fitness levels, a positive effect on cognition and achievement was found. However, in some studies, CRF was the only physical fitness component (Chen et al., 2013) related to AA or, at least, the strongest physical fitness component (Castelli et al., 2007).

According to research, the childhood aerobic fitness is associated with higher levels of cognition and changes in regional brain structure and function (Chaddock, Pontifex, Hillman, & Kramer, 2011). In a latest study, Chaddock et al. (2012) found that higher-fit children had bigger bilateral hippocampal volumes and rich relational memory task performance when compared to lower-fit children and have higher P3 event-related brain potential (ERP) amplitude and lower P3 latency, that indicate better levels of attention span, working memory, reaction time and overall processing speed (Hillman, Castelli, & Buck, 2005). Alternative explanations of behavioral order have been advanced for the positive association between aerobic capacity and AA: students with better AA are more motivated, therefore they can strive not only to school results well as for physical

fitness (Ntoumanis & Thøgersen-Ntoumani, 2006) and students' physical fitness is related with better health, contributing positively to AA.

Our results are consistent with previous literature, reporting a beneficial influence of CRF in MS and AA. It is thought that best levels of CRF and PA in infancy are interrelated with better metabolic profile in adults (Yang, 2012) and better AA. Thus, it is important to look at PA and CRF levels as a means of primary prevention of MS and better cognitive development. Furthermore, recent research has tried to find connections between MS and the intellect of children and adolescents. Some results suggest that the presence of an adverse metabolic profile not only has serious physical health consequences – increased risk of developing type 2 diabetes and cardiovascular diseases –but may also have harmful consequences on brain health and mental function (Scudder et al., 2015). Thus, we think it's quite appropriate that new and more skilled studies should attempt to understand MS's association with cognitive functioning and AA.

Health behaviors have the tendency to cluster, tracking from childhood into adulthood and influence each other over time (Trudeau, Laurencelle, & Shephard, 2004). An alternative explanation for the association of CRF, MS and AA can relate to the tracking of healthy behaviors. Therefore, understanding how multiple health risk behaviors track over time and relate to other markers of wellness is important to the development of preventive and long-term interventions for preventing chronic diseases. Increase PA and consequently improve CRF seems to us to be a preventive strategy of physical and mental success. However longitudinal and interventional studies are needed.

This study is one of the first to analyze simultaneously the MS and AA with CRF, and suggests that high CRF (i.e., be more active) is associated with high AA and reduction of risk factors for MS. However, some limitations should be considered in the interpretation of these results. The cross-sectional design precludes causality and, therefore, results should be analyzed with precaution. Likewise, the exclusive use of standardized academic outcomes could also be a limitation; indeed, students' marks may be related with other factors than their cognitive performance, such as the teacher.

In conclusion, present study indicates that CRF may have an important influence in MS and AA. These results reinforce that children and adolescents should have more PA opportunities during school time that allow improving CRF, AA and major cardiovascular health indicators. It's possible to have excellent AA and reduced MS in those that regularly practice PA and improve their CRF.

Acknowledgments:

We thank to all the children and adolescents, their parents and physical education teachers that participated in our study.

This work was supported by FCT- Portuguese Foundation for Science and Technology through first author individual grants MCTES – FCT: SFRH / BD / 79886 / 2011, project grant FCOMP-01-0124-FEDER-028619 (PTDC/DTP-DES/1328/2012); and Research Center supported by: FCT/UID/DTP/00617/2013.

Disclosure statement

None of the authors have any disclosures or conflicts of interest.

References

- Andersen, L. B., Harro, M., Sardinha, L. B., Froberg, K., Ekelund, U., Brage, S., & Anderssen, S. A. (2006). Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet (London, England)*, 368(9532), 299-304.
- Anderssen, S. A., Cooper, A. R., Riddoch, C., Sardinha, L. B., Harro, M., Brage, S., & Andersen, L. B. (2007). Original Scientific Papers: Low cardiorespiratory fitness is a strong predictor for clustering of cardiovascular disease risk factors in children independent of country, age and sex. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 14, 526-531. doi:10.1097/01.HJR.0b013e328011efc1
- Bouchard, C., & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), S446-S451.
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Erwin, H. E. (2007). Physical Fitness and Academic Achievement in Third- and Fifth-Grade Students. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29(2), 239-252.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., VanPatter, M., Pontifex, M. B., . . . Kramer, A. F. (2012). A functional MRI investigation of the association between childhood aerobic fitness and neurocognitive control. *BIOLOGICAL PSYCHOLOGY*, 89(1), 260-268.
- Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2011). A Review of the Relation of Aerobic Fitness and Physical Activity to Brain Structure and Function in Children. *JOURNAL OF THE*

INTERNATIONAL NEUROPSYCHOLOGICAL SOCIETY, 17(6), 975-985.

Chen, L.-J., Fox, K. R., Ku, P.-W., & Taun, C.-Y. (2013). Fitness Change and Subsequent Academic Performance in Adolescents. *Journal of School Health*, 83(9), 631-638.

Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., & Dietz, W. H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ-BRITISH MEDICAL JOURNAL*, 320(7244), 1240-1243.

Cooper, A. J. M., Brage, S., Ekelund, U., Wareham, N. J., Griffin, S. J., & Simmons, R. K. (2014). Association between objectively assessed sedentary time and physical activity with metabolic risk factors among people with recently diagnosed type 2 diabetes. *Diabetologia*, 57(1), 73.

de Greeff, J. W., Hartman, E., Mullender-Wijnsma, M. J., Bosker, R. J., Doolaard, S., & Visscher, C. (2014). Physical fitness and academic performance in primary school children with and without a social disadvantage. *Health Education Research*, 29(5), 853-860. doi:10.1093/her/cyu043

Esteban-Cornejo, I., Tejero-Gonzalez, C. M., Martinez-Gomez, D., Cabanas-Sanchez, V., Fernandez-Santos, J. R., Conde-Caveda, J., . . . Veiga, O. L. (2014). Objectively measured physical activity has a negative but weak association with academic performance in children and adolescents. *ACTA PAEDIATRICA*, 103(11), E501-E506.

- Fedewa, A. L., & Soyeon, A. (2011). The Effects of Physical Activity and Physical Fitness on Children's Achievement and Cognitive Outcomes: A Meta-Analysis. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 82(3), 521-535.
- Fossum, E., Hoieggen, A., Moan, A., Rostrup, M., & Kjeldsen, S. E. (1999). Insulin sensitivity is related to physical fitness and exercise blood pressure to structural vascular properties in young men. *HYPERTENSION*, 33(3), 781-786.
- Graham, I., Atar, D., Borch-Johnsen, K., Boysen, G., Burell, G., Cifkova, R., . . . Luis Zamorano, J. (2007). Full Text: European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: full text. Fourth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 14(Supplement 2), S1-S113. doi:10.1097/01.hjr.0000277983.23934.c9
- Hillman, C. H., Castelli, D. M., & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), 1967-1974.
- Janak, J. C., Gabriel, K. P., Oluyomi, A. O., Pérez, A., Kohl, H. W., & Kelder, S. H. (2014). The Association Between Physical Fitness and Academic Achievement in Texas State House Legislative Districts: An Ecologic Study. *Journal of School Health*, 84(8), 533-542. doi:10.1111/josh.12176

- Janssen, I., & Cramp, W. C. (2007). Cardiorespiratory Fitness Is Strongly Related to the Metabolic Syndrome in Adolescents. *Diabetes Care*, 30(8), 2143-2144. doi:10.2337/dc07-0734
- Jurca, R., Lamonte, M. J., Church, T. S., Earnest, C. P., Fitzgerald, S. J., Barlow, C. E., . . . Blair, S. N. (2004). Associations of muscle strength and aerobic fitness with metabolic syndrome in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(8), 1301-1307.
- LaMonte, M. J., Barlow, C. E., Jurca, R., Kampert, J. B., Church, T. S., & Blair, S. N. (2005). Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: A prospective study of men and women. *CIRCULATION*, 112(4), 505-512. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.104.503805
- Lee, D. C., Sui, X., Church, T. S., Lavie, C. J., Jackson, A. S., & Blair, S. N. (2012). Changes in fitness and fatness on the development of cardiovascular disease risk factors hypertension, metabolic syndrome, and hypercholesterolemia. *Journal of the American College of Cardiology (JACC)*, 59(7), 665-672.
- Lessard, S. J., Rivas, D. A., Alves-Wagner, A. B., Hirshman, M. F., Gallagher, I. J., Constantin-Teodosiu, D., . . . Goodyear, L. J. (2013). Resistance to Aerobic Exercise Training Causes Metabolic Dysfunction and Reveals Novel Exercise-Regulated Signaling Networks. *DIABETES*, 62(8), 2717-2727.
- London, R. A., & Castrechini, S. (2011). A Longitudinal Examination of the Link Between Youth Physical Fitness and Academic Achievement. *Journal of School Health*, 81(7), 400-408.

- McMurray, R. G., Bauman, M. J., Harrell, J. S., Brown, S., & Bangdiwala, S. I. (2000). Effects of improvement in aerobic power on resting insulin and glucose concentrations in children. *European Journal Of Applied Physiology*, 81(1-2), 132-139.
- Moreira, C., Santos, R., Vale, S., Soares-Miranda, L., Marques, A. I., Santos, P. C., & Mota, J. (2010). Metabolic Syndrome and Physical Fitness in a Sample of Azorean Adolescents. *METABOLIC SYNDROME AND RELATED DISORDERS*, 8(5), 443-449.
- Ntoumanis, N., & Thøgersen-Ntoumani, C. (2006). The role of self-determined motivation in the understanding of exercise-related behaviours, cognitions and physical self-evaluations. *Journal of Sports Sciences*, 24(4), 393-404.
- Pickering, T. G., Hall, J. E., Appel, L. J., Falkner, B. E., Graves, J., Hill, M. N., . . . Roccella, E. J. (2005). Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals - Part 1: Blood pressure measurement in humans - A statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *CIRCULATION*, 111(5), 697-716.
- Ruiz, J. R., Rizzo, N. S., Hurtig-Wennlöf, A., Ortega, F. B., Wärnberg, J., & Sjöström, M. (2006). Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 84(2), 299-303.

- Sardinha, L. B., Marques, A., Martins, S., Palmeira, A., & Minderico, C. (2014). Fitness, fatness, and academic performance in seventh-grade elementary school students. *BMC PEDIATRICS*, 14.
- Sardinha, L. B., Marques, A., Minderico, C., Palmeira, A., Santos, D. A., Martins, S., & Ekelund, U. (2016). Longitudinal relationship between cardiorespiratory fitness and academic achievement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(5), 839-844. doi:10.1249/MSS.0000000000000830
- Scudder, M. R., Khan, N. A., Lambourne, K., Drollette, E. S., Herrmann, S. D., Betts, J. L., . . . Hillman, C. H. (2015). Cognitive control in preadolescent children with risk factors for metabolic syndrome. *Health Psychology*, 34(3), 243-252. doi:10.1037/hea0000114
- Silva, G., Oliveira, N. L., Aires, L., Mota, J., Oliveira, J., & Ribeiro, J. C. (2012). Calculation and validation of models for estimating VO2max from the 20-m shuttle run test in children and adolescents. *Archives of Exercise in Health & Disease*, 3(1/2), 145-152.
- Stabelini Neto, A., Sasaki, J. E., Mascarenhas, L. P. G., Boguszewski, M. C. S., Bozza, R., Ulbrich, A. Z., . . . de Campos, W. (2011). Physical activity, cardiorespiratory fitness, and metabolic syndrome in adolescents: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 11, 674-674. doi:10.1186/1471-2458-11-674
- Steinmayr, R., Meibner, A., Weidinger, A. F., & Wirthwein, L. (2015). Academic Achievement. *Oxford Bibliographies*. Retrieved from <http://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo->

[9780199756810/obo-9780199756810-0108.xml?rskey=CIHqE9&result=1](https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2011.02226.x)

Tanha, T., Wollmer, P., Thorsson, O., Karlsson, M. K., Lindén, C., Andersen, L. B., & Dencker, M. (2011). Lack of physical activity in young children is related to higher composite risk factor score for cardiovascular disease. *ACTA PAEDIATRICA*, 100(5), 717-721. doi:10.1111/j.1651-2227.2011.02226.x

The Cooper Institute for Aerobics Research. (2010). *Fitnessgram & Activitygram Test Administration Manual*. Champaign: Human Kinetics.

Trudeau, F., Laurencelle, L., & Shephard, R. J. (2004). Tracking of Physical Activity from Childhood to Adulthood. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(11), 1937-1943. doi:10.1249/01.MSS.0000145525.29140.3B

Vincent, S. D., Barker, R., Clarke, M., & Harrison, J. (1999). A comparison of peak heart rates elicited by the 1-mile run/walk and the progressive aerobic cardiovascular endurance run. / Comparaison des frequences cardiaques maximales lors d'un test de course/marche de 1 mile (MRW) et d'un test progressif de course pour l'endurance cardiovasculaire aerobie (PACER). *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 70(1), 75-78.

Yang, X. (2012). Physical activity, physical fitness and metabolic syndrome. In K. R. Zaslav (Ed.), *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury* (pp. 159-184). Rijeka: InTech.

Zimmet, P., Alberti, K. G. M., Kaufman, F., Tajima, N., Silink, M., Arslanian, S., . . . Caprio, S. (2007). The metabolic syndrome in children and

adolescents - an IDF consensus report. *Pediatric Diabetes*, 8(5), 299-306.

Table 1. Descriptive characteristics for the study sample

Variable	
Girls (<i>n</i>)	115
Mean Age (<i>SD</i>)	11.55 (0.81)
Mean BMI (<i>SD</i>)	20.51 (3.68)
SES A	59.1
B	9.1
C	31.8
Shuttle run mean (<i>SD</i>)	25.42 (13.15)
Academic achievement mean (<i>SD</i>)	3.43 (0.82)
Double benefit (%)	25.3

Note. *n* = number, *SD* = standard deviation, BMI = Body mass index, SES = socioeconomic status.

Table 2. Distribution of the metabolic syndrome and related components

Metabolic Risk Factors	At risk definition	Frequency (%)
Waist Circumference	≥ 90th percentile	9.1
HDL-C	< 40 mg/dL	35.9
Triglycerides	≥ 150 mg/dL	6.1
Glucose	≥ 100 mg/dL	14.6
Blood Pressure	≥ 130/≥85 mmHg	13.6/1
Metabolic Syndrome	WC ≥ 90th + 2 other	9.1

Note. HDL-C = high density lipoprotein – cholesterol, mg/dL = milligrams per deciliter, mmHg = millimeter of mercury.

Table 3. Logistic regression for association between cardiorespiratory fitness and metabolic syndrome + academic achievement

Percentile Group of Shuttle run	95% CI for <i>OR</i>			
	<i>OR</i>	<i>p</i>	Lower	Upper
Shuttle run 4 th ^a		.001		
Shuttle run 1 st	5.850	.001	2.009	17.038
Shuttle run 2 nd	1.260	.713	.367	4.323
Shuttle run 3 rd	2.160	.184	.693	6.729

Note. OR = odds ratio, $p < .05$, CI = confidence interval.

^a Reference category.

ARTIGO 3

Associations between objectively measured vigorous physical activity, cardiorespiratory fitness, and academic achievement in children and adolescents

Author Details:

Tânia Oliveira¹✉, Manuela Costa¹, Andreia Pizarro¹, Gustavo Silva¹, Jorge Mota¹, José Carlos Ribeiro¹

¹Research Centre in Physical Activity, Health and Leisure, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal

Faculty of Sport, University of Porto

Rua Dr. Plácido Costa, 91, 4200-450 Porto, Portugal

Phone: +351 225074785, Fax: +351 225500689

Email addresses:

TO: toliveira@fade.up.pt

MC: mcosta@fade.up.pt

ANP: andreia.pizarro@gmail.com

GS: gugonsilva@gmail.com

JM: jmota@fade.up.pt

JCR: jribeiro@fade.up.pt

✉: **Corresponding author**

Tânia Filipa Silva Oliveira

Research Centre in Physical Activity, Health and Leisure

Faculty of Sport, University of Porto

Rua Dr. Plácido Costa, 91, 4200-450 Porto, Portugal

Phone: +351 225074785, Fax: +351 225500689

e-mail: toliveira@fade.up.pt

Abstract

Background: Previous researches on the relationships between physical activity (PA), cardiorespiratory fitness (CRF) and academic achievement (AA) have suggested mixed results.

Vigorous intensity Physical Activity (VPA) may be the minimum intensity to produce changes in AA. It is also known that higher intensity PA produces increments in CRF. Therefore, the aim of this study was to study the associations between CRF, AA and VPA.

Subjects & Method: 774 students aged 10-18 years used an accelerometer to assess VPA for seven consecutive days. CRF was estimated from the 20m shuttle run test, and the average of Mathematics and Native Language's final grades was computed to evaluate AA. Logistic regression analysis was used to examine the relationship among VPA and CRF. The relationship between VPA and AA was tested using ANCOVA.

Results: Results showed a significant association of VPA levels on average grades of Mathematics and Native Language, after adjustment for confounders [$F(2,456) = 3,430$ $p < 0.05$], and a positive association between VPA and CRF (OR = 3.263, 95% CI = 2.100-5.070).

Conclusions: Higher levels of VPA are associated with better AA and higher levels of CRF. These results highlighted the importance of VPA's promotion in children and adolescents to improve some factors of physical health, specifically CRF, and AA.

Keywords: school performance, shuttle run, high intensity exercise

Introduction

Physical activity (PA) is essential to health, and the evidence for its benefits is unquestionable. Regular physical activity has been associated with lower rates of chronic diseases, such as cardiovascular disease, hypertension, type 2 diabetes and osteoporosis, higher levels of cardiorespiratory fitness (CRF), preventing premature death (Bauman, 2004) and better cognitive health (Bradley & Greene, 2013). The effects of these non-communicable chronic diseases are mostly exhibited in adults, however its development begins in childhood and adolescence (Cook, Auinger, & Huang, 2009; Halfon et al., 2012; Hallal, Victora, Azevedo, & Wells, 2006). Therefore, the promotion of health-enhancing behaviors is crucial and should initiate at early age. PA habits established in children may persist into adulthood, and long-term effects are evident (Hallal et al., 2006). On the other side, PA short-term benefits have been observed, and its effects in children and adolescents are increasingly studied. In school-aged children and adolescents, higher levels of PA have been associated with a favourable body composition, increased fitness, higher self-esteem and academic achievement (AA) (Burkhalter & Hillman, 2011; Hillman, Erickson, & Kramer, 2008; Langford et al., 2014).

The strong association between a society's level of AA and positive socioeconomic development justifies the individual and societal importance of AA (Steinmayr, Meibner, Weidinger, & Wirthwein, 2015). Accordingly, AA is the research focus of many scientific areas, and has been extensively studied by PA and health researchers'. Despite the majority of studies showed a relationship between PA and AA, most studies focused on moderate to vigorous physical activity (MVPA), and indirect measures of PA. However, while these PA intensities may be associated with

better health benefits, they do not present consensus in relation to AA. Research suggests vigorous physical activity (VPA) enhance academic outcomes (Ayan, Cancela Carral, & Montero, 2014; Kwak et al., 2009), but this relationship has not been adequately explored. Moreover, PA assessed with accelerometers may offer specific advantages, as these devices may capture the entire daily pattern of PA, evaluate different intensities with more accuracy and do not depend on recall data from subjects’.

According to scientific literature, studies about the associations between objectively measured VPA and AA are scarce. The aim of this study was to evaluate the associations of AA and CRF with objectively measured VPA, in Portuguese children and adolescents, accounting for several important confounders.

Methods

Data for the present study derived from the AFINA-te Project Study (Physical Activity and Nutritional Information for Adolescents) a longitudinal study developed in Porto area, Portugal. It aimed to evaluate nutritional knowledge and physical activity among school children and adolescents.

The final sample of AFINA-te accounted for 1222 participants from 9 urban public elementary schools. However, drop-out analysis showed that the 640 missing children had similar mean values for height, weight and socio-economic status (data not shown). Therefore, this study included 774 participants (54.65% girls) aged between 10 and 18 (*Mean* = 13.21; *SD* = 2.56). All ethical and legal procedures were obtained from the Ethics Committee of the Faculty of Sport of the University of

Porto, from the Foundation for Science and Technology, and Regional Section of the Ministry of Education. This study was implemented according to the guidelines for human research of the Helsinki Declaration. The anonymity and confidentiality of the data were assured. Each parent signed an informed consent to allow the students' participation in the study. Trained researchers performed all measurements.

Measures

Anthropometric measurements

The anthropometric measurements were completed according to standard procedures as described by Stewart et al. (2011). Children and adolescents were weighted with lightweight clothing and on bare feet. Height (cm) was measured with body meter Measuring Tape SECA 206 (SECA, Hamburg Germany). The percentage of body fat (% BF) was collected with a digital scale (TANITA BF-522 W, Tokyo, Japan). The body mass index (BMI) ($\text{body mass (kg)/height (m}^2\text{)}$) was calculated. Overweight and obesity were defined according to gender and age specified by the cut-off points proposed by Cole et al. (2000). A non-metallic measuring tape, at the midline between the inferior border of the lowest rib and the anterior superior iliac crest (Graham et al., 2007) at the end of a normal expiration, was used to measure waist circumference (WC).

Cardiorespiratory fitness

The 20-m Shuttle-Run (SR) test was used to evaluate CRF, and was conducted according to the Fitnessgram measurement procedures (The Cooper Institute for Aerobics Research, 2010). This test was validated for Portuguese adolescents (Silva et al., 2012), and it is included in the Physical Education curriculum in Portugal.

The 20m SR test is a graded test of progressive effort, applied to the sound of music and its aim is to measure the aerobic fitness. This test requires participants to run back and forth between two lines set 20 m apart, with running speed determined by audio signals from a pre-recorded music CD. Running speed started at 8.5 km/h and increased by 0.5 km/h each minute, reaching 18.0 km/h at minute 20.

Participants were encouraged to keep running as long as possible throughout the course of the test and were told to keep up with the pacer until exhausted. The test ended when the participant failed to reach the end lines concurrent with the audio signals on two consecutive occasions. The number of shuttles performed was recorded and CRF was estimated as the number of stages completed.

Physical Activity

PA was measured using accelerometers actigraph, model GT3X (Pensacola, FL, USA). The length of the sample rate was set to 30 Hz and the data were subsequently converted into five seconds epochs.

Participants were instructed to use the accelerometer attached to an elastic belt and placed above the right iliac crest during seven consecutive days. Instructions were

given to wear the monitor all times except during water activities and when they went to sleep.

Accelerometer data were then downloaded to Actilife software (version 6.8.1) where the information was treated. Periods of wear and non-wear time were defined with standard procedures, according to Choi, Liu, Matthews, and Buchowski (2011). The cut points for PA intensities developed by Evenson et al. (2008) seem to exhibit significantly better accuracy than others in children and adolescents, considering vigorous physical activity (VPA) 4012 counts per minute (cpm).

Academic Achievement

Academic achievement was assessed according to school records from the end of the school year, provided by the administrative services of the respective schools. Two main indicators were used: the final classification of Mathematics and Native Language. For analytical purposes individual classifications were converted to numerical data from one (1) to five (5), according to the Portuguese classification system, where 1 = F and 5 = A.

In Portugal, the General Board of Education (DGE) established curricular goals that define the skills and knowledge that all students should acquire in each grade and that permit to classify their achievement according to referred scale 1-5. Consequently, the robustness and validity of this measure is assured because all Portuguese schools are obligated to follow the guidelines of the DGE.

Confounding factors

The socio-economic status (SES) was established through the information of the Scholar Social Action Services that classifies the students based on family's income. Students were categorized into three levels: eligible for benefit A, eligible for benefit B or not eligible. According to the Portuguese Ministry of Education, students eligible for benefit A receive meals free at school, access to a loan service for books and for support for the acquisition of school supplies. Those eligible for benefit B receive 50% discount on meals and on books.

Statistical Analysis

The Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS, version 21.0) was used to conduct the data analyses. Descriptive statistics (mean scores and standard deviations) were calculated to characterize the sample. The significance level was set at 5%. CRF and VPA were categorized using age and gender adjusted tertiles.

Logistic regression analysis model was conducted to establish associations between VPA and the odds of belonging to the highest tertile of CRF. The potential confounders age and gender were included in the analysis.

Results

Descriptive characteristics of the participants are listed in Table 1. A total of 774 children and adolescences were enrolled in this study. About 54.65% of the students were girls and BMI mean was 22.43 kg/m². Sample SES was predominantly

high (53.5%). The average grade of Mathematics and of Native Language was 3.31 values. The value of VPA was 11.65 minutes per day.

Table 1 near here

Table 2 near here

A logistic regression was performed to ascertain the effects of high VPA on the likelihood of the participants having a better CRF. The logistic regression model was statistically significant $\chi^2(4) = 30.703$ $p < 0.000$. The model explained 4.4% (Nagelkerke R^2) of variance. Participants with higher levels of VPA had 3.263 times higher odds to belong to the 3th tertile of CRF compared to the lowest CRF level.

The students with better levels of VPA showed higher probability to have a better ACR than the students with worst levels of VPA. Model coefficients estimate for VPA relative to CRF quartiles are showed in table 2.

Table 3 near here

Tables 3 show the differences between the AA mean grades by tertiles of VPA, adjusted for significant confounders such as age, CRF, % BF and SES.

There was a statistically significant difference in AA between tertiles of VPA [$F(2,456) = 3.430$ $p < 0.05$]. AA was higher in the 3th VPA tertile when compared to the first tertile [M diff= 0.222 (95%CI = 0.018 to 0.425) $p < 0.005$].

Discussion

To create effective interventions to increase children and adolescents CRF levels and AA we need to understand what is the intensity with higher potential. Experimental studies have provided some insights on the dose-response relationship between PA and CRF and it is mostly accepted that 60 min/day of MVPA is associated with healthy CRF levels (Baquet, van Praagh, & Berthoin, 2003). Emerging evidence suggests other intensities of PA, including VPA, can also be important for physical and cognition health promotion, however there is no consensus about this topic in the scientific literature (Poitras et al., 2016).

The first goal of the present study was to assess the association of CRF with objectively measured VPA accounting for several important confounders, in a sample of children and adolescents. Results showed a positive relationship between VPA and CRF, suggesting that children and adolescents with more minutes of VPA have higher odds to belong to a higher level of CRF.

To our knowledge, there are no studies in Portugal about this relationship. However, our study found similar results to the ones obtained in previous research that assessed VPA and CRF in samples from other countries (Carson et al., 2014; Ottevaere et al., 2011; Ruiz et al., 2006). Researchers at the University of Alberta recruited a convenience sample of 841 students with ages similar to our study. They found that, VPA was the best predictor of measures of adiposity, systolic blood pressure and was also the most robust PA intensity associated with CRF (Hay et al., 2012). In the same line, Ruiz et al. (2006) assessed different intensities of PA with accelerometer and observed that VPA was the only intensity of PA that had effect on preventing obesity and improving children's CRF. Likewise, Gutin, Yin, Humphries,

and Barbeau (2005) found a significant but smaller contribution of moderate PA in CRF, although a higher proportion of the variance in CRF was explained by VPA. Contrary to our outcome, prior studies suggested that there are differences between genders when the association between PA and CRF is observed (Dencker, Bugge, Hermansen, & Andersen, 2010; Jimenez-Pavon et al., 2013). A cross-sectional study performed in 10 European cities, assessed 1053 adolescents aged 12.5 – 17.5 years, and found differences between genders (Jimenez-Pavon et al., 2013). These researches found that CRF was associated with markers of body fat and markers of insulin resistance in both boys and girls, but it was also positively associated with most PA intensities in boys and only with VPA in girls. Contrariwise other study, conducted in a preschool sample aged 6 - 7 years, showed different results (Dencker et al., 2010). In that study, CRF was assessed through peak oxygen uptake estimated by indirect calorimetry during a maximal treadmill exercise test, and the results suggested a weak positive relationship between moderate PA, MVPA and VPA and CRF in boys, and no such uniform relationship in girls. Moreover, only 2% of the variance in VO_2 peak could be explained by MVPA, which was the only activity variable that was related to VO_2 peak. The controversy in this finding can be related to the different assessment methods' of PA. While prior studies assessed PA with self-report measures (e.g., PA questionnaires), we used accelerometers that it is an instrument that allows to measure PA with great accuracy. On the other hand, CRF in our study was estimated through 20m SR, while different assessment methods were used in the above mentioned researches.

The second goal of our study was to test associations between objectively measured VPA and AA. Our findings showed a significant association between these variables, similarly to what has been confirmed in the majority of previous studies

(Ayan et al., 2014; Kwak et al., 2009; So, 2012). However, it should be noted that a study conducted with a sample of 1.778 Spanish children, evaluated VPA and AA with the same methods (accelerometers and grades, respectively), and found a negative association (Esteban-Cornejo, Tejero-González, Martinez-Gomez, Cabanas-Sánchez, et al., 2014). The differences in the findings can be related to the sample and variables included in the analysis. The sample of the referred study was composed by 79% of girls and reported other confounding factors, such as maternal education level and neonatal characteristics. On the other hand, Veiga, Oliveira, and Taveira (2014) referred that academic achievement gains might result from a major investment in terms of time and effort, dedicated to academic pursuits, which in turn, might reduce the time available to physical activity. These authors mentioned also that children and adolescents exhibiting poorer academic achievement, might devote less time in academic activities and more time in other type of activities.

In addition, data from our study suggested no differences between boys and girls in relation to association between VPA and AA. Empirical research has provided evidence for different impact of VPA in AA between girls and boys. To our knowledge, there is no study that has assessed VPA with accelerometer and has obtained positive results in both genders. Findings from a Swedish study developed by Kwak et al. (2009) showed that in girls, after controlling for fitness and maternal education, VPA was the only intensity level that significantly correlated with AA. Conversely, in boys AA was not related with VPA, AA only was associated with pubertal phase.

Although there are some differences in PA measurements, other studies support ours results showing that increased intensity of PA improved AA (Ayan et al., 2014; Coe, Pivarnik, Womack, Reeves, & Malina, 2006; El Ansari & Stock, 2014;

Phillips, Hannon, & Castelli, 2015). For example, an experimental design (Phillips et al., 2015) observed that VPA might facilitate AA in mathematics. The purpose of that study was to examine associations between VPA during physical education and mathematics standardized test performance among 72 adolescents in the Southwestern United States. Students received both a PA and non-active condition, in a repeated measures design, and AA measures were collected at 30 and 45 minutes post condition. Data from the study suggests significant increases in mathematics scores 30 minutes post PA. Furthermore, gender differences were found, however this variance may be somewhat explained by fitness levels of the participants. Nevertheless, results showed large effect sizes for both genders regardless of fitness level and mathematic grades. This gender difference is not uncommon in literature (Kwak et al., 2009; So, 2012). Normally, relationship between PA and AA seem to be stronger for females than males (Carlson et al., 2008).

Research suggests that the dose-response PA - AA relationship is multifactorial and not linear (Carlson et al., 2008; Coe et al., 2006). Nevertheless some potential mechanisms may explain the association between PA and AA. Both physiological and psychological factors have been suggested to explain possible connection (Howie & Pate, 2012). From a physiological point of view, previous studies suggest a positive effect of PA on cognition, which could take place through an improvement in learning and memory function. These effects are based on a greater long-term hippocampal potentiation, and seem to be related with increased aerobic PA (Ayan et al., 2014). A potential explanation for this finding are underlying physiological mechanisms such as an increase in brain-derived neurotrophic growth factor (BDNF) (Winter et al., 2007), higher levels of neurotransmitters in the brain such as serotonin and/or norepinephrine (Torrijos-Niño et al., 2014) and an increase

of the blood flow to the cortex of the brain (Esteban-Cornejo, Tejero-González, Martínez-Gomez, González-Galo, et al., 2014). Also, Davis et al. (2011) tested a dose-response effect of PA intensity on executives and proved that other physiological variables can help to explain this relationship. The authors observed an increase in bilateral prefrontal cortex activity and a decrease in bilateral posterior parietal cortex activity, due to vigorous aerobic exercise. On the other hand, extent of this relationship depends on the bioenergetic substrates used that varies according to the intensity, type, and duration of exercise (Wells, Selvadurai, & Tein, 2009). Indeed, through multiple pathways, there might be a connection with type of PA and AA and these findings may help to explain this relationship. Not enough is known, within the literature, about the physiological mechanisms that justify difference concerning gender. On the other hand psychological factors may also mediate the relationship between PA and AA in a different way for girls and boys (Dwyer, Sallis, Blizzard, Lazarus, & Dean, 2001). Some studies suggested specific psychological factors that may influence this relationship. For example it seems that PA is positively associated with the reduction of stress and anxiety, attention and working memory (Chaddock et al., 2012; Hillman, Castelli, & Buck, 2005), and with the increase of self-esteem and motivation (Singh, Uijtdewilligen, Twisk, van Mechelen, & Chinapaw, 2012) that are closely related to AA. Unfortunately these variables weren't taken in consideration in our study and they should be considered in future research.

The present study focused on VPA in children and adolescents, by contrast with the most prevalent research that commonly focuses on the effects of MVPA in AA. To our knowledge, data from the present study are novel information regarding the association between VPA, CRF, and AA in Portuguese youths. The use of objective measures of PA, covariables such as SES, and assessment CRF by 20m SR

test that is a measure easily applicable in a large sample and showed significant correlation with VO_2max ($r = 0.80$) (Vincent, Barker, Clarke, & Harrison, 1999) are also important strengths of this study.

This study has some limitations notable of comment. We cannot exclude the possibility our results are explained by unmeasured confounders. Unfortunately, mother's education, parental support information in relation to academic activities, additional scholar support outside of school or psychological factors was not available. Moreover, the use of categorical marks for achievement should be complemented with standardized cognitive measures, due the fact that AA may be related to others factors beside their cognitive performance. Finally, cross-sectional design limits the opportunity to draw conclusions with regards to the causality of the observed associations. So, it would be useful to deepen the scientific knowledge about PA and AA and to explore their mutual dynamics using longitudinal and experimental designs. Future investigation also should invest in studies about benefits of VPA. Although the differences between PA intensity and its effects are increasingly studied, there are still very few qualified studies and much controversy on VPA and others variables such as CRF and AA. Findings from our study contribute to expand to current scientific knowledge, might stimulate future research and program interventions.

Conclusion

In summary, findings from this study showed that higher intensities of PA not only can be improving CRF, but are also associated with higher grade levels of AA.

Our study points to a direction that suggests, more than practice of PA, intensity of PA is important to get improvements. Therefore, and once results about association between MVPA and other variables, such as AA, seem to be inaccurate, more research is needed to define the ideal intensity to achieve improvements in AA and CRF.

References

- Ayan, C., Cancela Carral, J., & Montero, C. (2014). Academic performance of young competitive swimmers is associated with physical activity intensity and its predominant metabolic pathway: a pilot study. *J Phys Act Health*, 11(7), 1415-1419. doi:10.1123/jpah.2012-0453
- Baquet, G., van Praagh, E., & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med*, 33(15), 1127-1143.
- Bauman, A. E. (2004). Updating the evidence that physical activity is good for health: an epidemiological review 2000–2003. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(Supplement 1), 6-19. doi:10.1016/S1440-2440(04)80273-1
- Bradley, B. J., & Greene, A. C. (2013). Review article: Do Health and Education Agencies in the United States Share Responsibility for Academic Achievement and Health? A Review of 25 Years of Evidence About the Relationship of Adolescents' Academic Achievement and Health Behaviors. *Journal of Adolescent Health*, 52, 523-532. doi:10.1016/j.jadohealth.2013.01.008
- Burkhalter, T. M., & Hillman, C. H. (2011). A narrative review of physical activity, nutrition, and obesity to cognition and scholastic performance across the human lifespan. *Advances In Nutrition (Bethesda, Md.)*, 2(2), 201S-206S. doi:10.3945/an.111.000331
- Carlson, S. A., Fulton, J. E., Lee, S. M., Maynard, L. M., Brown, D. R., Kohl, H. W., 3rd, & Dietz, W. H. (2008). Physical education and academic achievement in elementary school: data from the early childhood longitudinal study. *Am J Public Health*, 98(4), 721-727. doi:10.2105/AJPH.2007.117176

- Carson, V., Rinaldi, R. L., Torrance, B., Maximova, K., Ball, G. D., Majumdar, S. R., . . . McGavock, J. (2014). Vigorous physical activity and longitudinal associations with cardiometabolic risk factors in youth. *Int J Obes (Lond)*, 38(1), 16-21. doi:10.1038/ijo.2013.135
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., VanPatter, M., Pontifex, M. B., . . . Kramer, A. F. (2012). A functional MRI investigation of the association between childhood aerobic fitness and neurocognitive control. *Biol Psychol*, 89(1), 260-268. doi:10.1016/j.biopsycho.2011.10.017
- Choi, L., Liu, Z., Matthews, C. E., & Buchowski, M. S. (2011). Validation of accelerometer wear and nonwear time classification algorithm. *Med Sci Sports Exerc*, 43(2), 357-364. doi:10.1249/MSS.0b013e3181ed61a3
- Coe, D. P., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., & Malina, R. M. (2006). Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Med Sci Sports Exerc*, 38(8), 1515-1519. doi:10.1249/01.mss.0000227537.13175.1b
- Cook, S., Auinger, P., & Huang, T. T. K. (2009). Supplement: Growth Curves for Cardio-Metabolic Risk Factors in Children and Adolescents. *The Journal of Pediatrics*, 155, S6.e15-S16.e26. doi:10.1016/j.jpeds.2009.04.051
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., . . . Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized, controlled trial. *Health Psychol*, 30(1), 91-98. doi:10.1037/a0021766

- Dencker, M., Bugge, A., Hermansen, B., & Andersen, L. B. (2010). Objectively measured daily physical activity related to aerobic fitness in young children. *J Sports Sci*, 28(2), 139-145. doi:10.1080/02640410903460726
- Dwyer, T., Sallis, J. F., Blizzard, L., Lazarus, R., & Dean, K. (2001). Relation of academic performance to physical activity and fitness in children. *Pediatric Exercise Science*, 13(3), 225-237 213p.
- El Ansari, W., & Stock, C. (2014). Relationship between attainment of recommended physical activity guidelines and academic achievement: undergraduate students in Egypt. *Glob J Health Sci*, 6(5), 274-283. doi:10.5539/gjhs.v6n5p274
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Martinez-Gomez, D., Cabanas-Sánchez, V., Fernández-Santos, J. R., Conde-Caveda, J., . . . Study, D. (2014). Objectively measured physical activity has a negative but weak association with academic performance in children and adolescents. *Acta Paediatr*, 103(11), e501-506. doi:10.1111/apa.12757
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Martinez-Gomez, D., González-Galo, A., Padilla-Moledo, C., Sallis, J. F., . . . Study, D. (2014). Independent and combined influence of the components of physical fitness on academic performance in youth. *J Pediatr*, 165(2), 306-312.e302. doi:10.1016/j.jpeds.2014.04.044
- Gutin, B., Yin, Z., Humphries, M. C., & Barbeau, P. (2005). Relations of moderate and vigorous physical activity to fitness and fatness in adolescents. *Am J Clin Nutr*, 81(4), 746-750.

- Halfon, N., Verhoef, P. A., Kuo, A. A., Halfon, N., Verhoef, P. A., & Kuo, A. A. (2012). Childhood antecedents to adult cardiovascular disease. *Pediatrics in Review*, 33(2), 51-61. doi:10.1542/pir.33-2-51
- Hallal, P. C., Victora, C. G., Azevedo, M. R., & Wells, J. C. K. (2006). Adolescent physical activity and health: a systematic review. *Sports Medicine*, 36(12), 1019-1030.
- Hay, J., Maximova, K., Durksen, A., Carson, V., Rinaldi, R. L., Torrance, B., . . . McGavock, J. (2012). Physical activity intensity and cardiometabolic risk in youth. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 166(11), 1022-1029. doi:10.1001/archpediatrics.2012.1028
- Hillman, C. H., Castelli, D. M., & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Med Sci Sports Exerc*, 37(11), 1967-1974.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci*, 9(1), 58-65. doi:10.1038/nrn2298
- Howie, E. K., & Pate, R. R. (2012). Review: Physical activity and academic achievement in children: A historical perspective. *Journal of Sport and Health Science*, 1, 160-169. doi:10.1016/j.jshs.2012.09.003
- Jimenez-Pavon, D., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Martinez-Gomez, D., Moreno, S., Urzanqui, A., . . . group, H. S. (2013). Physical activity and markers of insulin resistance in adolescents: role of cardiorespiratory fitness levels--the HELENA study. *Pediatr Diabetes*, 14(4), 249-258. doi:10.1111/pedi.12000
- Kwak, L., Kremers, S. P., Bergman, P., Ruiz, J. R., Rizzo, N. S., & Sjöström, M. (2009). Associations between physical activity, fitness, and academic

- achievement. *J Pediatr*, 155(6), 914-918.e911.
doi:10.1016/j.jpeds.2009.06.019
- Langford, R., Bonell, C. P., Jones, H. E., Poulou, T., Murphy, S. M., Waters, E., . . . Campbell, R. (2014). The WHO Health Promoting School framework for improving the health and well-being of students and their academic achievement. *Cochrane Database Syst Rev*(4), CD008958.
doi:10.1002/14651858.CD008958.pub2
- Ottevaere, C., Huybrechts, I., De Bourdeaudhuij, I., Sjostrom, M., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., . . . De Henauw, S. (2011). Comparison of the IPAQ-A and actigraph in relation to VO₂max among European adolescents: the HELENA study. *J Sci Med Sport*, 14(4), 317-324. doi:10.1016/j.jsams.2011.02.008
- Phillips, D., Hannon, J. C., & Castelli, D. M. (2015). Effects of vigorous intensity physical activity on mathematics test performance. *Journal of Teaching in Physical Education*, 34(3), 346-362. doi:10.1123/jtpe.2014-0030
- Poitras, V. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., Carson, V., Chaput, J. P., Janssen, I., . . . Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Appl Physiol Nutr Metab*, 41(6 Suppl 3), S197-239.
doi:10.1139/apnm-2015-0663
- Ruiz, J. R., Rizzo, N. S., Hurtig-Wennlof, A., Ortega, F. B., Warnberg, J., & Sjostrom, M. (2006). Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *Am J Clin Nutr*, 84(2), 299-303.
- Singh, A., Uijtdewilligen, L., Twisk, J. W., van Mechelen, W., & Chinapaw, M. J. (2012). Physical activity and performance at school: a systematic review of the

- literature including a methodological quality assessment. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 166(1), 49-55. doi:10.1001/archpediatrics.2011.716
- So, W. Y. (2012). Association between physical activity and academic performance in Korean adolescent students. *BMC Public Health*, 12, 258. doi:10.1186/1471-2458-12-258
- Steinmayr, R., Meibner, A., Weidinger, A. F., & Wirthwein, L. (2015). Academic Achievement. *Oxford Bibliographies*. Retrieved from <http://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199756810/obo-9780199756810-0108.xml?rskey=CIHqE9&result=1>
- Torrijos-Niño, C., Martínez-Vizcaíno, V., Pardo-Guijarro, M. J., García-Prieto, J. C., Arias-Palencia, N. M., & Sánchez-López, M. (2014). Physical fitness, obesity, and academic achievement in schoolchildren. *Journal of Pediatrics*, 165(1), 104-109. doi:10.1016/j.jpeds.2014.02.041
- Veiga, F., Oliveira, Í. M., & Taveira, M. d. C. (2014). Student's engagement in school, academic aspirations, and career exploration of Portuguese adolescents.
- Vincent, S. D., Barker, R., Clarke, M., & Harrison, J. (1999). A comparison of peak heart rates elicited by the 1-mile run/walk and the progressive aerobic cardiovascular endurance run. / Comparaison des frequences cardiaques maximales lors d'un test de course/marche de 1 mile (MRW) et d'un test progressif de course pour l'endurance cardiovasculaire aerobie (PACER). *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 70(1), 75-78.
- Wells, G. D., Selvadurai, H., & Tein, I. (2009). Bioenergetic provision of energy for muscular activity. *Paediatr Respir Rev*, 10(3), 83-90. doi:10.1016/j.prrv.2009.04.005

Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., . . . Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiol Learn Mem*, 87(4), 597-609. doi:10.1016/j.nlm.2006.11.003

Table 1. Descriptive characteristics for the study sample

Variable	Girls	Boys	All
Gender n (%)	423 (54.65)	351 (45.35)	774 (100)
Age mean (SD)	13.33 (2.52)	13.08 (2.59)	13.22 (2.56)
Height mean (SD)	154.80 (7.93)	157.67 (13.51)	156.1 (10.91)
Weight mean (SD)	51.96 (11.83)	53.54 (15.8)	52.68 (13.79)
BMI mean (SD)	26.03 (7.34)	18.09 (7.73)	22.43 (8.49)
SES A	67	51	118
B	63	35	98
C	136	113	249
Shuttle run mean (SD)	25.61 (11.71)	42.75 (21.91)	33.33 (19.11)
VPA mean (SD)	8.78 (8.82)	15.11 (12.87)	11.65 (11.29)
AA mean (SD)	3.29 (0.77)	3.33 (0.83)	3.31 (0.80)

Legend: n number, SD standard deviation, BMI Body mass index, SES socioeconomic status

Table 2. Logistic regression for association between vigorous physical activity and cardiorespiratory fitness

Tertiles of CRF	Tertiles of VPA	OR	p Value	95% CI for OR	
				Lower	Upper
2 nd	VPA 1 ^{st a}
	VPA 2 nd	1.633	0.019	1.085	2.459
	VPA 3 rd	1.794	0.008	1.161	2.771
3 rd	VPA 1 ^{st a}
	VPA 2 nd	1.921	0.003	1.242	2.972
	VPA 3 rd	3.263	0.000	2.100	2.972

Legend: OR odds ratio, p<0.05, CI confidence interval.

VPA 1^{st a} Reference category

Table 3. Mean differences of academic achievement by vigorous physical activity categories (ANCOVA)

Groups of Vigorous Physical Activity		Mean Difference	95% Confidence Interval for Difference ^b	
			Lower Bound	Upper Bound
1	2	-0.127	-0.330	0.077
	3	-0.222*	-0.425	-0.018
2	3	-0.0905	-0.288	0.098

*. The mean difference is significant at the $p < 0,05$

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni

DISCUSSÃO

DISCUSSÃO

Os estudos desenvolvidos no âmbito desta tese testaram diferentes questões de investigação, procurando colmatar as lacunas de conhecimento identificadas através da análise de literatura científica atualizada.

As principais conclusões da investigação efetuada e dos estudos apresentados suportam a hipótese de que a ACR está associada com a AF, bem como com a saúde física e com o funcionamento cognitivo, em crianças e adolescentes. Os resultados sugerem, ainda, o papel relevante da intensidade vigorosa no desempenho escolar.

Toda a pesquisa realizada teve como base a perspetiva de que a AF comporta em si inúmeros benefícios, muitos deles inconvenientemente explorados, desde a infância até à idade adulta. O primeiro artigo explorou a associação independente da ACR e da AFMV com o desempenho escolar, tendo sido encontrados diferentes resultados. Se por um lado, melhores níveis de ACR foram associados a melhores resultados escolares, por outro, o mesmo não aconteceu entre a AFMV e o desempenho escolar. De facto, o desempenho escolar tem sido alvo de análise em bastantes estudos que o relacionam, sobretudo, com a aptidão física. De acordo com Maia & Lopes (2001), a aptidão física é geralmente operacionalizada em duas vertentes. Uma considera o rendimento desportivo-motor, avaliando um conjunto diversificado de capacidades, tais como a força, velocidade e resistência; a outra relaciona-se com a saúde, sendo habitualmente avaliadas os diferentes componentes: flexibilidade, força, capacidade cardiorrespiratória e composição corporal. No entanto, e apesar da importância de cada uma das capacidades/componentes para a saúde e o bem estar em geral, a ACR é a que mais se relaciona com o desempenho escolar (Van Dusen et al., 2011b). Em contrapartida, a AFMV, ainda que muito partícipe ao bem-estar generalizado, não tem sido sistematicamente associada ao funcionamento cognitivo. Partindo desse pressuposto, procurou-se aprofundar o conhecimento científico sobre a AFMV, a ACR e o desempenho escolar nos alunos portugueses de uma faixa etária abrangente e pouco estudada. Os resultados encontrados permitiram retirar pertinentes conclusões, que se

adequam, em parte, à literatura existente e à realidade do nosso país. Relativamente à AF, verificou-se que níveis de intensidade moderada a vigorosa não foram suficientes para provocar alterações positivas no desempenho escolar. Contrariamente, grande parte da literatura científica que examinou a associação entre estas duas variáveis, encontrou resultados positivos (Duncan & Johnson, 2014; Kwak et al., 2009). Contudo, estes mesmos resultados são, maioritariamente, considerados inconsistentes no seio da comunidade científica (Howie & Pate, 2012). A ausência de informações adequadas dos participantes, de fatores confundidores importantes como o ESE e a utilização de medidas subjetivas de aferição da AF, são algumas das lacunas que conduzem à necessidade de investigações com maior rigor metodológico (Donnelly et al., 2016). Estudos transversais que se dedicaram ao estudo da AF por intermédio de medidas objetivas depararam-se com resultados mistos. Um estudo realizado por Booth et al. (2014) foi o único que verificou associações positivas com o desempenho escolar em todas as áreas de estudo analisadas. Dois estudos obtiveram associações positivas apenas em algumas disciplinas (Harrington, 2013; Lambourne et al., 2013) e outros dois observaram diferentes resultados dependendo do sexo e do ano de escolaridade (Kwak et al., 2009; Van Dijk et al., 2014). Os resultados do nosso artigo I são congruentes com os encontrados por Hansen et al. (2014) e LeBlanc et al. (2012), uma vez que estes não encontraram associações entre a AF e o desempenho escolar. Uma outra questão importante a ser levantada prende-se com o tempo e a com a intensidade de AF das crianças e jovens dos dias de hoje. O tempo para ser ativo diminui a cada avanço tecnológico, sendo que a industrialização e o desenvolvimento parecem não ser alheios à diminuição dos níveis de prática de AF. Assim, ao longo da evolução dos tempos, assistiu-se a mudanças nos padrões de AF de crianças e adolescentes como resultado de fatores sociais e contextuais, como por exemplo: a) maior insegurança que limita as oportunidades das crianças e adolescentes brincarem na rua ou em parques infantis, b) evolução do brinquedo, que passou a ter em si todas as ferramentas necessárias para a criança se divertir, sentada, sem grandes exigências ao nível da motricidade, e c) a própria escola, que obriga o aluno a estar, na maioria do tempo do seu dia,

sentado. Estas e outras questões conduzem, inevitavelmente, à adoção de comportamentos sedentários, que acabam por se radicar e tornar algo natural na nossa vida quotidiana presente e futura, e as características da nossa amostra corroboram estes padrões de AF. Verificou-se que apenas 19,5% dos participantes cumpre com as recomendações de 60 minutos de AF diária, e que a média de AFMV situa-se nos 43 minutos diários.

No que se refere à ACR, os resultados foram distintos, sugerindo o papel importante da ACR no desempenho escolar. Ainda assim, foram encontradas diferenças de desempenho na disciplina de português e na de matemática. Tal como no nosso estudo, um estudo longitudinal orientado por Sardinha et al. (2016) verificou, igualmente, que a ACR estava relacionada com o desempenho escolar na disciplina de português. Segundo os mesmos, alunos com melhores níveis de ACR no início e no final do estudo obtiveram melhor aproveitamento a português em comparação com aqueles que permaneceram inaptos na ACR em ambos os momentos de avaliação. Contudo, a mesma associação não se verificou na disciplina de matemática. Posto isto, na tentativa de encontrar uma resposta para a diferença de associações da ACR com as disciplinas de português e matemática, traçamos uma análise com diferentes caminhos. O primeiro passou por compreender os mecanismos fisiológicos que poderão correlacionar a ACR com o desempenho escolar, e o segundo por refletir sobre a atitude dos alunos face às particularidades da disciplina de matemática.

Estudos transversais, e alguns longitudinais, associam melhores níveis de ACR à saúde neurocognitiva, justificando-se através de determinados mecanismos que se despoletam no cérebro e que beneficiam a sua estrutura, a função cerebral, a cognição e o desempenho escolar (Aron et al., 2009; Chaddock et al., 2010). De uma forma geral, as investigações sugerem que as crianças com níveis mais elevados de ACR têm maiores volumes cerebrais nos gânglios basais e no hipocampo, que se relacionam, respetivamente, com o desempenho em tarefas de controlo cognitivo e memória, quando comparados aos seus pares de menor ACR. As crianças com melhor ACR apresentam, ainda, uma função cerebral superior durante as tarefas de controlo cognitivo, melhores pontuações nos testes de desempenho escolar e melhor desempenho nas tarefas quotidianas do

mundo real (Chaddock-Heyman et al., 2014). De facto, as pesquisas em crianças e adolescentes são, ainda, relativamente recentes e escassas, no entanto, os estudos com animais e idosos suportam os resultados encontrados no nosso estudo. A título de exemplo, um estudo publicado por Verstynen et al. (2012), observou uma população idosa e verificou que o volume do núcleo caudado do estriado dorsal (estrutura dos gânglios da base) mediou a relação entre ACR e o desempenho cognitivo numa tarefa que requereu flexibilidade mental. Também no que toca ao hipocampo, verificaram-se diferenças no volume bilateral e no desempenho da memória nas crianças com melhor ACR. Estes resultados são igualmente suportados por pesquisa animal, onde se verificou que a atividade dos roedores na roda conduziu a uma maior proliferação e sobrevivência dos fatores de crescimento, da estrutura dendrítica e da gliogénese no hipocampo, simultaneamente com a melhoria da aprendizagem e da memória (Chaddock-Heyman et al., 2014).

Sabendo que as diferenças encontradas no volume e na função cerebral das crianças e adolescentes com melhor ACR são suportadas por análises robustas (neuroimagem funcional e ressonância magnética funcional), e que estas influenciam o desempenho cognitivo e escolar de uma forma geral, procuramos explorar outra abordagem que permitisse esclarecer as diferentes associações da ACR com o desempenho na disciplina de português e na de matemática. De facto, em Portugal, os resultados a matemática são tipicamente negativos ao longo de toda a escolaridade (Direção-Geral da Educação, 2016). A prática escolar e a respetiva literatura sugerem que muitos dos alunos percebem, à priori, a disciplina de matemática como um conhecimento intrinsecamente complexo, gerando sentimentos de ansiedade e inquietude (Gunderson et al., 2012). Efetivamente, entre as múltiplas variáveis que podem comprometer o sucesso escolar, as atitudes face à matéria e a competência percebida para a aprendizagem e para o sucesso são aquelas que parecem ter mais influência no processo de aprendizagem (Gunderson et al., 2012). Portanto, os estigmas e dogmas pré-existent na maioria dos alunos face à dificuldade e importância da disciplina de matemática podem levar à conceção de crenças e atitudes negativas, baixa autoeficácia e pouca motivação para a

aprendizagem (González-Pienda et al., 2007). Deste modo, os resultados encontrados em relação à disciplina de matemática podem ser, em parte, explicados pelas crenças dos alunos portugueses em relação à matemática e que, inconscientemente, podem influenciar o desempenho não apenas do aluno mas também do professor (Gunderson et al., 2012). Desconstruir a ideia de que a matemática é difícil e inacessível à maioria dos alunos, bem como a utilização de estratégias que diminuam a sua utilidade percebida face ao futuro (Rodríguez et al., 2004), podem ajudar na redução dos níveis de ansiedade e sentimentos de culpabilidade resultando na melhoria do desempenho na referente disciplina (González-Pienda et al., 2007).

Uma vez que a ACR é uma medida adaptativa e representativa do estado de saúde em geral, no artigo II, procurou-se explorar as associações desta com a síndrome metabólica (outra variável importante de saúde) e o desempenho escolar (uma medida cognitiva e preditora de sucesso). A literatura atual aponta para uma associação positiva da ACR com a saúde metabólica e com o desempenho cognitivo, e o nosso estudo mostra-se congruente com os resultados prévios – as crianças e adolescentes com menores valores de ACR demonstraram ter maior probabilidade de vir a desenvolver síndrome metabólica e de alcançar um desempenho escolar inferior comparativamente aos seus pares com melhores níveis de ACR. Os resultados encontrados demonstraram-se congruentes com a literatura atual, que aponta para a associação entre níveis elevados de ACR e a diminuição dos principais fatores de risco cardiovascular nesta faixa etária (Moreira et al., 2010; Stabelini Neto et al., 2011).

Ainda recentemente a síndrome metabólica destacava-se como foco de estudo devido à forte correlação com o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e ao excesso de peso. Segundo as classificações da IDF (International Diabetes Federation, 2007), o PC é requisito sine qua non para se ter síndrome metabólica (e pelo menos mais outros dois fatores de risco). De facto, a presença de adiposidade central é apontada como um fator de risco no desenvolvimento de dislipidemias e resistência insulina na faixa etária pediátrica. Não obstante, atualmente, a síndrome metabólica é considerada uma problemática que não atinge somente crianças e adolescentes com excesso de peso e obesidade. Senão vejamos os

resultados encontrados no artigo II. Contrastando ao cenário atual da população portuguesa e mundial, a nossa amostra foi constituída, maioritariamente, por crianças e adolescentes com peso normal. Aproximadamente 11% tinha excesso de peso e 1,5% foi designada obesa, segundo os pontos de corte do Cole et al. (2000). Porém, quando analisamos a incidência da síndrome metabólica, bem como os fatores de risco cardiovasculares que a constituem, constatamos, surpreendentemente, que 9,1% das crianças e adolescentes tinham síndrome metabólica. Ou seja, as mesmas crianças apresentavam pelo menos dois fatores de risco e PC acima dos valores normais. Acresce ainda que cerca de 36% tinham valores de HDL abaixo da média aconselhada, 14,6% evidenciavam valores elevados de glicose e 9,1% o PC elevado.

De acordo com os resultados expostos, duas conclusões relevantes devem ser tidas em consideração. Primeiro, caso não utilizássemos os critérios de definição sugeridos pela IDF (International Diabetes Federation, 2007), os valores de síndrome metabólica aumentavam exponencialmente. E segundo, tal como sugerido pela literatura científica, a síndrome metabólica e os fatores de riscos cardiovasculares que a compõem atingem crianças e adolescentes com excesso de peso e obesidade, mas também aqueles que apresentam peso normal.

Em conformidade com evidência empírica prévia, os resultados do estudo II indicaram que baixos níveis de AF e ACR se associaram à presença fatores de risco metabólicos em crianças e adolescentes (Rauner et al., 2013; Väistö et al., 2014), independentemente dos níveis de adiposidade central (Silva et al., 2013). A ACR está associada a fatores de risco metabólicos na juventude, provavelmente através de múltiplas formas (Cooper et al., 2014; Lee et al., 2012). De acordo com alguns estudos, a aptidão aeróbia é associada de forma independente a fatores de risco cardiovascular, como pressão arterial (Fossum et al., 1999), insulina (McMurray et al., 2000), colesterol, bem como indicadores de marcadores inflamatórios (Fossum et al., 1999; McMurray et al., 2000). Além disso, os resultados do estudo II confirmaram, uma vez mais, a presença de uma associação entre a ACR e o desempenho escolar. Importa ainda destacar a ligação encontrada entre duas variáveis-chave para a saúde e bem estar geral (síndrome metabólica

vs desempenho escolar), aspecto não tido em consideração na pesquisa desenvolvida até ao momento. A investigação científica no domínio da Psicologia sugere que a obtenção de um melhor desempenho escolar pode ser o resultado de um grande investimento em termos de tempo e esforço dedicados a atividades académicas, o que por sua vez, pode reduzir o tempo disponível para outras atividades (Veiga et al., 2014), como a AF. Por conseguinte, como consequência de uma maior quantidade de tempo sedentário dedicado ao estudo, é possível que alunos com melhores resultados escolares tendam a ter excesso de peso/obesidade e consequentes repercussões na sua saúde (e.g., síndrome metabólica e níveis mais baixos de ACR). Os resultados do nosso estudo parecem contrariar esta perspetiva dado que revelam que os alunos com melhor desempenho escolar apresentam uma redução dos fatores de risco conducentes à síndrome metabólica e melhores níveis de ACR, potenciada pela AF.

Mais do que a prática da AF, ainda que 25 a 40% da variabilidade possa ser atribuída a fatores hereditários, a ACR é determinada pela quantidade e intensidade de AF praticada (Bouchard & Rankinen, 2001). Evidência empírica suporta a associação entre ACR e AFV (e não com o AFMV) (Carson et al., 2014), bem como entre ACR e desempenho escolar (Sardinha et al., 2016). O estudo III foi desenvolvido, assim, com base nestes dois pressupostos, e os resultados encontrados corroboram as hipóteses apontadas, mostrando que a AFV foi associada a melhores níveis de ACR e de desempenho escolar.

Tal como sugerido em estudos anteriores, parece ser necessário níveis mais intensos de AF para provocar melhorias significativas no DE (Kwak et al., 2009; Phillips et al., 2015). A conexão da AF com o funcionamento cognitivo e o desempenho escolar pode, efetivamente, ocorrer através de múltiplos caminhos (Chaddock et al., 2012; Monti et al., 2012; Torrijos-Niño et al., 2014). Todavia, segundo Wells et al. (2009), a extensão desse relacionamento depende da utilização de substratos bioenergéticos que variam de acordo com a duração, tipo e intensidade da AF praticada. Da mesma forma, Davis et al. (2011), consolidaram o papel da AFV, afirmando que aquando a prática de exercício aeróbio vigoroso observa-se um aumento

da atividade bilateral do córtex pré-frontal (área do cérebro responsável pelos processos atencionais, relacionada com a função executiva).

De notar que, ao contrário da maioria dos estudos (Ayan et al., 2014; Coe et al., 2006; El Ansari & Stock, 2014), o nosso estudo recorreu a uma medida objetiva da AF. São efetivamente poucos os estudos que recorreram ao uso do acelerómetro para analisar a associação da AFV e o desempenho escolar (Esteban-Cornejo et al., 2014b; Kwak et al., 2009; Phillips et al., 2015). Efetivamente são necessários mais estudos qualificados que dediquem ao estudo estas e outras variáveis. O desempenho escolar é uma medida que depende de vários fatores. Conseguir controlar as atividades extracurriculares que alunos frequentam fora da escola e que podem ser um incentivo à melhoria do seu desempenho (e.g., explicações), ou conhecer o número de horas por dia que dedicam ao estudo seria, efetivamente, uma mais valia na análise dos resultados. Seria igualmente pertinente realizar uma análise diferenciada por escolas/professores de forma a neutralizar, o mais possível, as influências externas. O tempo sedentário deverá ser outra variável a considerar em pesquisas futuras deverá. Crê-se que o seu papel seja preponderante em vários domínios, que vão desde a sua influência na saúde (Carson et al., 2016) até ao desempenho escolar (Esteban-Cornejo et al., 2015). A natureza transversal do nosso estudo não nos permite tirar ilações de causalidade o que limita a compreensão deste tema. A importância de estudo longitudinais, tona-se, portanto, cada vez mais evidente.

Por último, importa sublinhar que os resultados da presente tese foram integrados numa perspetiva geral da população jovem que, irrefutavelmente, se integra na população escolar. A escola parece-nos o cenário perfeito para aceder à maioria da população jovem do nosso país e se concentrar esforços nas políticas preventivas de saúde e na adoção de estilos de vida saudáveis. Se por um lado, o tempo sedentário pode ser fundamental no desempenho escolar quando associado a tempo de estudo ou dedicado a atividades cognitivas (Kantomaa et al., 2016), por outro lado, a AF está associada a inúmeros benefícios físicos mas também cognitivos.

Em suma, é plausível considerar que a exposição consistente e repetida a ambientes fisicamente ativos e saudáveis pode desencadear processos que moldam o desenvolvimento cerebral, os seus pensamentos e

as suas ações (Hillman, 2014). A este nível, a escola, enquanto contexto onde as crianças e adolescentes vivem grande parte do seu tempo diário, pode assumir um papel preponderante ao nível da promoção de saúde e bem-estar. Em particular, cabe aos agentes educativos (pais e professores) incutir hábitos diários de AF nas crianças e adolescentes, criando não apenas oportunidades para que estes possam ser ativos, mas também ajudar a fomentar o gosto pela sua prática.

CONCLUSÃO

CONCLUSÃO

A atual dissertação apresenta resultados que expandem um corpo emergente da literatura científica, sugerindo a AF e ACR como capacidades importantes no bem estar físico e no desempenho escolar das crianças e adolescentes. Considerando os resultados gerais que principiaram dos estudos originais, destacam-se as seguintes conclusões:

- A ACR está positivamente correlacionada com a AFMV e com a AFV;
- A ACR está positivamente associada à redução dos fatores de risco cardiovascular e à melhoria do desempenho escolar, sugerindo um duplo benefício da mesma: 1) melhoria da saúde metabólica prevenindo o aparecimento dos fatores de risco cardiovascular e 2) ação cognitiva benéfica que se relaciona com o desempenho escolar;
- A AFMV não foi correlacionada com desempenho escolar, contudo foi observada associação positiva da AFV com o desempenho escolar;
- A intensidade é um fator chave na potencialização do desempenho escolar. Para se observarem efeitos é fundamental recorrer a atividades de intensidade vigorosa.

A escola é um dos contextos de vida mais importantes para as crianças e os adolescentes.

Vivemos, aprendemos, experienciamos e crescemos no contacto com as coisas e com os outros. Há um mundo imenso que propicia a

aprendizagem, contudo nem todas as crianças e adolescentes têm as mesmas oportunidades. É a escola, para muitos, o único local capaz de os dotar de ferramentas adequadas a um crescimento enriquecido e saudável. Inúmeras crianças e adolescentes têm na escola o único espaço onde podem praticar AF e adquirir hábitos de vida saudável, e a educação física assume-se como a disciplina primordial na criação de um estilo de vida saudável através da escolha de novos hábitos em especial na promoção da AF. Cabe ao professor de educação física proporcionar oportunidades para o aluno ser ativo, dota-lo de ferramentas que fomentem a autonomia e proporcionar experiências que originem a motivação e o gosto pela AF. No entanto, é necessário que os governantes do nosso país reformulem o seu olhar sobre a educação física e permitam uma reorganização das dinâmicas escolares.

Os nossos resultados ao sugerirem que a AF seja vista como um veículo para a melhoria da saúde em geral, bem como uma estratégia singular na otimização da ACR e no desempenho escolar, enfatizam a sua importância e preconizam alterações significativas na política educativa.

Uma escola para todos, inclusiva, que respeita as diferenças individuais e pressupõe diversidade curricular é um direito. A disciplina de educação física personifica estes valores, e tem ainda um papel fundamental na saúde e no desempenho escolar que tanta preocupação suscita aos agentes educativos.

A educação física deve, portanto, ser colocada sob os holofotes, e o compromisso de uma escola baseada na aprendizagem com um currículo enriquecido de AF parece ser a chave que unifica os objetivos de uma escola de todos para todos.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- Åberg, M. A. I., Pedersen, N. L., Torén, K., Svartengren, M., Bäckstrand, B., Johnsson, T., Cooper-Kuhn, C. M., Åberg, N. D., Nilsson, M., & Kuhn, H. G. (2009). Cardiovascular fitness is associated with cognition in young adulthood. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(49), 20906-20911.
- Abreu, M. d. G. a. F. d. C. T. o. d. (2013). *O impacto dos resultados escolares na dinâmica de uma organização escolar*. Trás-os-Montes e Alto Douro: Maria Abreu. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Alberti, K. G., Zimmet, P., & Shaw, J. (2006). Metabolic syndrome -- a new world-wide definition. A consensus statement from the International Diabetes Federation. *Diabetic Medicine*, 23(5), 469-480.
- Andersen Lars, B., Hasselstrøm, H., Grønfeldt, V., Hansen, S., & Karsten, F. (2004). The relationship between physical fitness and clustered risk, and tracking of clustered risk from adolescence to young adulthood: eight years follow-up in the Danish Youth and Sport Study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*(1), 6.
- Andersen, L. B., Harro, M., Sardinha, L. B., Froberg, K., Ekelund, U., Brage, S., & Anderssen, S. A. (2006). Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet (London, England)*, 368(9532), 299-304.
- Andersen, L. B., Sardinha, L. B., Froberg, K., Riddoch, C. J., Page, A. S., & Anderssen, S. A. (2008). Fitness, fatness and clustering of cardiovascular risk factors in children from Denmark, Estonia and Portugal: the European Youth Heart Study. *International Journal of Pediatric Obesity*, 3, 58-66.
- Aron, A. R., Poldrack, R. A., & Wise, S. P. (2009). Cognition: Basal ganglia role. In L. R. Squire (Ed.), *Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 1069-1077). S. I.: Elsevier.
- Ayan, C., Cancela Carral, J., & Montero, C. (2014). Academic performance of young competitive swimmers is associated with physical activity intensity and its predominant metabolic pathway: a pilot study. *J Phys Act Health*, 11(7), 1415-1419.
- Baptista, M. d. G. a. F. (2010). *Perturbação de hiperactividade e défice de atenção em contexto escolar: Estudo exploratório das percepções dos professores sobre o impacto comportamental de crianças com phda em escolas do 1º ciclo*. Lisboa: Maria Baptista. Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Motricidade Humana.
- Bastos, F., Machado Reis, V., Aranha, Á. C., & Domingos Garrido, N. (2015). Relação entre atividade física e desportiva, níveis de IMC, percepções de sucesso e rendimento escolar. / Relation between sport and physical activity, BMI levels, perceptions of success and academic performance. *Motricidade*, 11(3), 41-58.
- Biro, F. M., & Wien, M. (2010). Childhood obesity and adult morbidities. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 91(5), 1499S-1505S.
- Booth, J. N., Leary, S. D., Joinson, C., Ness, A. R., Tomporowski, P. D., Boyle, J. M., & Reilly, J. J. (2014). Associations between objectively

- measured physical activity and academic attainment in adolescents from a UK cohort. *Br J Sports Med*, 48(3), 265-270.
- Bouchard, C., & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *MEDICINE AND SCIENCE IN SPORTS AND EXERCISE*, 33(6), S446-S451.
- Brage, S., Wedderkopp, N., Ekelund, U., Franks, P. W., Wareham, N. J., Andersen, L. B., & Froberg, K. (2004). Features of the metabolic syndrome are associated with objectively measured physical activity and fitness in Danish children: the European Youth Heart Study (EYHS). *Diabetes Care*, 27(9), 2141-2148.
- Brandelero, M., & Romanholo, R. (2011). Avaliação do rendimento escolar em alunos obesos no município de Cacoal/RO. *Revista Eletrônica da Facimed*, 3(3), 334-343.
- Buchan, D. S., Ollis, S., Thomas, N. E., Buchanan, N., Cooper, S. M., Malina, R. M., & Baker, J. S. (2011). Physical activity interventions: effects of duration and intensity. *Scand J Med Sci Sports*, 21(6), e341-350.
- Bunketorp Käll, L., Malmgren, H., Olsson, E., Lindén, T., & Nilsson, M. (2015). Effects of a Curricular Physical Activity Intervention on Children's School Performance, Wellness, and Brain Development. *Journal of School Health*, 85(10), 704-713.
- Carlos Augusto, M. (2003). Fome, desnutrição e pobreza: além da semântica / Hunger, malnutrition and poverty: beyond the semantics. *Saúde e Sociedade*(1), 7.
- Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Gray, C. E., Poitras, V. J., Chaput, J.-P., Saunders, T. J., Katzmarzyk, P. T., Okely, A. D., Connor Gorber, S., Kho, M. E., Sampson, M., Lee, H., & Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: an update. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 41, S240-S265.
- Carson, V., Rinaldi, R. L., Torrance, B., Maximova, K., Ball, G. D., Majumdar, S. R., Plotnikoff, R. C., Veugelers, P., Boule, N. G., Wozny, P., McCargar, L., Downs, S., Daymont, C., Lewanczuk, R., & McGavock, J. (2014). Vigorous physical activity and longitudinal associations with cardiometabolic risk factors in youth. *Int J Obes (Lond)*, 38(1), 16-21.
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Erwin, H. E. (2007). Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students. *J Sport Exerc Psychol*, 29(2), 239-252.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2015). How much physical activity do children need? *Centers for Disease Control and Prevention Consult.* 4 Jan 2016, disponível em <https://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/children/index.htm>
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., VanPatter, M., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2010). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Developmental Neuroscience*, 32(3), 249-256.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., VanPatter, M., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2012). A functional MRI investigation of the association between childhood aerobic fitness and neurocognitive control. *Biol Psychol*, 89(1), 260-268.

- Chaddock-Heyman, L., Hillman, C. H., Cohen, N. J., & Kramer, A. F. (2014). III. The importance of physical activity and aerobic fitness for cognitive control and memory in children. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 79(4), 25-50.
- Chaddock-Heyman, L., Kienzler, C., King, M., Hillman, C. H., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Pontifex, M. B., & Raine, L. B. (2015). The role of aerobic fitness in cortical thickness and mathematics achievement in preadolescent children. *PLoS ONE*, 10(8).
- Chen, L.-J., Fox, K. R., Ku, P.-W., & Taun, C.-Y. (2013). Fitness Change and Subsequent Academic Performance in Adolescents. *Journal of School Health*, 83(9), 631-638.
- Chinapaw, M. J., Slootmaker, S. M., Schuit, A. J., van Zuidam, M., & van Mechelen, W. (2009). Reliability and validity of the Activity Questionnaire for Adults and Adolescents (AQuAA). *BMC Med Res Methodol*, 9, 58.
- Coe, D. P., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., & Malina, R. M. (2006). Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Med Sci Sports Exerc*, 38(8), 1515-1519.
- Coelho, A. (2015). Educação Física nas escolas, o elo mais fraco. *Público Consult.* 10. Set. 2016, disponível em <https://www.publico.pt/2015/01/03/sociedade/noticia/educacao-fisica-nas-escolas-o-elo-mais-fraco-1681012>
- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., & Dietz, W. H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ-BRITISH MEDICAL JOURNAL*, 320(7244), 1240-1243.
- Considine, G., & Zappala, G. (2002). Factors influencing the educational performance of students from disadvantaged backgrounds. In T. Eardley & B. Bradbury (Eds.), *Competing Visions: Refereed Proceedings of the National Social Policy Conference 2001* (pp. 91-107). Sydney: Social Policy Research Centre, University of New South Wales.
- Cooper, A. J. M., Brage, S., Ekelund, U., Wareham, N. J., Griffin, S. J., & Simmons, R. K. (2014). Association between objectively assessed sedentary time and physical activity with metabolic risk factors among people with recently diagnosed type 2 diabetes. *Diabetologia*, 57(1), 73.
- Crestani, R. L. (2015). *Motivação, inteligência e inteligência emocional e suas relações com o desempenho acadêmico*. Pouso Alegre: Rafaella Crestani. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade do Vale do Sapucaí
- Danielzik, S., Czerwinski-Mast, M., Langnase, K., Dilba, B., & Muller, M. J. (2004). Parental overweight, socioeconomic status and high birth weight are the major determinants of overweight and obesity in 5-7 y-old children: baseline data of the Kiel Obesity Prevention Study (KOPS). *INTERNATIONAL JOURNAL OF OBESITY*, 28(11), 1494-1502.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., Allison, J. D., & Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain

- activation in overweight children: a randomized, controlled trial. *Health Psychol*, 30(1), 91-98.
- de Greeff, J. W., Hartman, E., Mullender-Wijnsma, M. J., Bosker, R. J., Doolaard, S., & Visscher, C. (2014). Physical fitness and academic performance in primary school children with and without a social disadvantage. *Health Education Research*, 29(5), 853-860.
- Direção-Geral da Educação. (2016). Estatísticas. *Direção-Geral da Educação* Consult. 10 Set 2016, disponível em <http://www.dge.mec.pt/estatisticas>
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(6), 1197-1222.
- Duncan, M., & Johnson, A. (2014). The effect of differing intensities of acute cycling on preadolescent academic achievement. *European Journal of Sport Science*, 14(3), 279-286.
- Edmundson, E., Parcel, G. S., Feldman, H. A., & Elder, J. (1996). The effects of the child and adolescent trial for cardiovascular health upon psychosocial determinants of diet and physical activity behavior. *Preventive Medicine: An International Journal Devoted to Practice and Theory*, 25(4), 442-454.
- El Ansari, W., & Stock, C. (2014). Relationship between attainment of recommended physical activity guidelines and academic achievement: undergraduate students in Egypt. *Glob J Health Sci*, 6(5), 274-283.
- Esteban, M. T. (2000). Exigências democráticas/exigências pedagógicas: avaliação. *Tecnologia Educacional*, 29(148), 3-6.
- Esteban-Cornejo, I., Martinez-Gomez, D., Sallis, J. F., Cabanas-Sánchez, V., Fernández-Santos, J., Castro-Piñero, J., & Veiga, O. L. (2015). Objectively measured and self-reported leisure-time sedentary behavior and academic performance in youth: The UP&DOWN Study. *Preventive Medicine*, 77, 106-111.
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Martinez-Gomez, D., Cabanas-Sánchez, V., Fernández-Santos, J. R., Conde-Caveda, J., Sallis, J. F., & Veiga, O. L. (2014a). Objectively measured physical activity has a negative but weak association with academic performance in children and adolescents. *Acta Paediatrica*, 103(11), e501-e506.
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Martinez-Gomez, D., Cabanas-Sánchez, V., Fernández-Santos, J. R., Conde-Caveda, J., Sallis, J. F., Veiga, O. L., Group, U., & Study, D. (2014b). Objectively measured physical activity has a negative but weak association with academic performance in children and adolescents. *Acta Paediatr*, 103(11), e501-506.
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Martinez-Gomez, D., González-Galo, A., Padilla-Moledo, C., Sallis, J. F., Veiga, O. L., Group, U., & Study, D. (2014c). Independent and combined influence of the components of physical fitness on academic performance in youth. *J Pediatr*, 165(2), 306-312.e302.
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., & Sibley, B. A. (2006). Review: A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews*, 52, 119-130.

- Evenson, K. R., Catellier, D. J., Gill, K., Ondrak, K. S., & McMurray, R. G. (2008). Calibration of two objective measures of physical activity for children. *Journal of Sports Sciences*, 26(14), 1557-1565.
- Expert panel on integrated guidelines for cardiovascular health and risk reduction in children and adolescents: summary report. (2011). *Pediatrics*, 128 Suppl 5, S213-S256.
- Fedewa, A. L., & Ahn, S. (2011). The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: a meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 82(3), 521-535 515p.
- Ferreira, I., Henry, R. M. A., Twisk, J. W. R., van Mechelen, W., Kemper, H. C. G., & Stehouwer, C. D. A. (2005). The metabolic syndrome, cardiopulmonary fitness, and subcutaneous trunk fat as independent determinants of arterial stiffness: the Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Archives of Internal Medicine*, 165(8), 875-882.
- Ferreira, M. M. C. (2005). Alguns fatores que influenciam a aprendizagem do estudante de enfermagem. *Millenium: Journal Education, Technologies, and Health*, 9(31), 150-173.
- Fleshner, M. (2000). Exercise and neuroendocrine regulation of antibody production: protective effect of physical activity on stress-induced suppression of the specific antibody response. *Int J Sports Med*, 21 Suppl 1, S14-19.
- Fossum, E., Hoiegggen, A., Moan, A., Rostrup, M., & Kjeldsen, S. E. (1999). Insulin sensitivity is related to physical fitness and exercise blood pressure to structural vascular properties in young men. *HYPERTENSION*, 33(3), 781-786.
- Garcia-Perez, J. I., Hidalgo-Hidalgo, M., & Robles-Zurita, J. A. (2014). Does Grade Retention Affect Students' Achievement? Some Evidence from Spain. *Applied Economics*, 46(10-12), 1373-1392.
- Gatti, B. (2003). O professor e a avaliação em sala de aula. *Estudos em Avaliação Educacional*, 27, 97-114.
- González-Pianda, J. A., Núñez Perez, J. C., Solano Pizarro, P., Rosário, P., Mourão, R., Soares, S., Silva, E., & Valle, A. (2007). Atitudes face à Matemática e rendimento escolar no Sistema Educativo Espanhol [Versão eletrónica]. *Psicologia: teoria, investigação e prática*, 12(0873-4976), 151-160. Consult. 10.10.2016, disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/11898>.
- Graham, I., Atar, D., Borch-Johnsen, K., Boysen, G., Burell, G., Cifkova, R., Dallongeville, J., De Backer, G., Ebrahim, S., Gjelsvik, B., Herrmann-Lingen, C., Hoes, A., Humphries, S., Knapton, M., Perk, J., Priori, S. G., Pyörälä, K., Reiner, Z., Ruilope, L., Sans-Menendez, S., Op Reimer, W. S., Weissberg, P., Wood, D., Yarnell, J., & Luis Zamorano, J. (2007). Full Text: European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: full text. Fourth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 14(Supplement 2), S1-S113.

- Grundy, S. M., Barlow, C. E., Farrell, S. W., Vega, G. L., & Haskell, W. L. (2012). Preventive cardiology: Cardiorespiratory Fitness and Metabolic Risk. *The American Journal of Cardiology*, 109, 988-993.
- Gunderson, E. A., Ramirez, G., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2012). The role of parents and teachers in the development of gender-related math attitudes. *Sex Roles*, 66, 153-156.
- Gunter, K. B., Almstedt, H. C., & Janz, K. F. (2012). Physical activity in childhood may be the key to optimizing lifespan skeletal health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40(1), 13-21.
- Gutin, B., & Owens, S. (2011). The influence of physical activity on cardiometabolic biomarkers in youths: a review. *Pediatr Exerc Sci*, 23(2), 169-185.
- Haapala, E. A. (2013). Cardiorespiratory fitness and motor skills in relation to cognition and academic performance in children - a review. *J Hum Kinet*, 36, 55-68.
- Hansen, D. M., Herrmann, S. D. s. h. s. o., Lambourne, K., Jaehoon, L. E. E., & Donnelly, J. E. (2014). Linear/Nonlinear Relations of Activity and Fitness with Children's Academic Achievement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(12), 2279-2285.
- Harrington, S. A. (2013). Relationships of objectively measured physical activity and sleep with BMI and academic outcomes in 8-year-old children. *Appl Nurs Res*, 26(2), 63-70.
- Harriss, D. J., & Atkinson, G. (2011). Update--Ethical standards in sport and exercise science research. *Int J Sports Med*, 32(11), 819-821.
- Have, M., Nielsen, J. H., Gejl, A. K., Thomsen Ernst, M., Fredens, K., Støckel, J. T., Wedderkopp, N., Domazet, S. L., Gudex, C., Grøntved, A., & Kristensen, P. L. (2016). Rationale and design of a randomized controlled trial examining the effect of classroom-based physical activity on math achievement. *BMC Public Health*, 16, 304-304.
- Hillman, C. H. (2014). I. An introduction to the relation of physical activity to cognitive and brain health, and scholastic achievement . *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 79(4), 1-6.
- Hillman, C. H., Castelli, D. M., & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), 1967-1974.
- Howie, E. K., & Pate, R. R. (2012). Review: Physical activity and academic achievement in children: A historical perspective. *Journal of Sport and Health Science*, 1, 160-169.
- International Diabetes Federation. (2007). *The IDF consensus definition of the metabolic syndrome in children and adolescents*. Brussels: International Diabetes Federation.
- Ivy, J. L., Zderic, T. W., & Fogt, D. L. (1999). Prevention and treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 27, 1-35.
- Kantomaa, M. T., Stamatakis, E., Kankaanpää, A., Kajantie, E., Taanila, A., & Tammelin, T. (2016). Associations of physical activity and sedentary behavior with adolescent academic achievement. *Journal of Research on Adolescence*, 26(3), 432-442.
- Kavey, R., Daniels, S., Lauer, R., Atkins, D., Hayman, L., & Taubert, K. (2003). American heart association guidelines for primary prevention of

- atherosclerotic cardiovascular disease beginning in childhood. *CIRCULATION*, 107(11), 1562-1566.
- Kim, S. Y., & So, W. Y. (2012). The relationship between school performance and the number of physical education classes attended by Korean adolescent students. *J Sports Sci Med*, 11(2), 226-230.
- Kristjánsson, A. L., Sigfúsdóttir, I. D., & Allegrante, J. P. (2010). Health behavior and academic achievement among adolescents: the relative contribution of dietary habits, physical activity, body mass index, and self-esteem. *Health Educ Behav*, 37(1), 51-64.
- Kwak, L., Kremers, S. P., Bergman, P., Ruiz, J. R., Rizzo, N. S., & Sjöström, M. (2009). Associations between physical activity, fitness, and academic achievement. *J Pediatr*, 155(6), 914-918.e911.
- Lambourne, K., Hansen, D. M., Szabo, A. N., Lee, J., Herrmann, S. D., & Donnelly, J. E. (2013). Indirect and direct relations between aerobic fitness, physical activity, and academic achievement in elementary school students. *Ment Health Phys Act*, 6(3), 165-171.
- Lawlor, D. A., Kipping, R. R., Anderson, E. L., Howe, L. D., Chittleborough, C. R., Moure-Fernandez, A., Noble, S. M., Rawlins, E., Wells, S. L., Peters, T. J., Jago, R., & Campbell, R. (2015). Active for Life Year 5: a cluster randomised controlled trial of a primary school-based intervention to increase levels of physical activity, decrease sedentary behaviour and improve diet. *BMC Public Health*, 16(68).
- LeBlanc, M. M., Martin, C. K., Han, H., Newton, R., Jr., Sothorn, M., Webber, L. S., Davis, A. B., & Williamson, D. A. (2012). Adiposity and physical activity are not related to academic achievement in school-aged children. *J Dev Behav Pediatr*, 33(6), 486-494.
- Lee, S., Bacha, F., Hannon, T., Kuk, J. L., Boesch, C., & Arslanian, S. (2012). Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys: a randomized, controlled trial. *Diabetes*, 61(11), 2787-2795.
- Li, S., Chen, W., Srinivasan, S. R., Bond, M. G., Tang, R., Urbina, E. M., Berenson, G. S., Li, S., Chen, W., Srinivasan, S. R., Bond, M. G., Tang, R., Urbina, E. M., & Berenson, G. S. (2003). Childhood cardiovascular risk factors and carotid vascular changes in adulthood: the Bogalusa Heart Study. *JAMA: Journal of the American Medical Association*, 290(17), 2271-2276.
- López, J. P. (1994). *El rendimiento escolar: Los alumnos y alumnas ante su éxito o fracaso*. Madrid: Editorial Popular.
- Maher, C., Lewis, L., Katzmarzyk, P. T., Dumuid, D., Cassidy, L., & Olds, T. (2016). Original research: The associations between physical activity, sedentary behaviour and academic performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19, 1004-1009.
- Maia, J., & Lopes, V. P. (2001). *Actividade física e aptidão física associada à saúde : um estudo de epidemiologia genética em gémeos e suas famílias realizado no arquipélago dos Açores*: Porto : Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. 2001.

- Maria Cláudia, D. I. (2007). Desempenho escolar de meninos e meninas: há diferença? Boys and girls' performances at school: is there any difference? *Educação em Revista*, Iss 46, Pp 241-267 (2007)(46), 241.
- McMurray, R. G., Bauman, M. J., Harrell, J. S., Brown, S., & Bangdiwala, S. I. (2000). Effects of improvement in aerobic power on resting insulin and glucose concentrations in children. *European Journal Of Applied Physiology*, 81(1-2), 132-139.
- McMurray, R. G., & Andersen, L. (2010). The Influence of Exercise on Metabolic Syndrome in Youth: A Review. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 4(2), 176-186.
- Mendonça, A. (2009). *O insucesso escolar: políticas educativas e práticas sociais: Um estudo de caso sobre o Arquipélago da Madeira*. Lisboa: Edições Pedagogo.
- Ministério da Educação e Ciência. (2015). Despacho normativo n.º 17-A/2015. *Diário da República*, 2.a série, nº 185, 27380-(27382)-27380-(27310).
- Monti, J. M., Hillman, C. H., & Cohen, N. J. (2012). Aerobic fitness enhances relational memory in preadolescent children: the FITKids randomized control trial. *Hippocampus*, 22(9), 1876-1882.
- Moreira, C., Santos, R., Vale, S., Soares-Miranda, L., Marques, A. I., Santos, P. C., & Mota, J. (2010). Metabolic Syndrome and Physical Fitness in a Sample of Azorean Adolescents. *METABOLIC SYNDROME AND RELATED DISORDERS*, 8(5), 443-449.
- Mota, J., Flores, L., Flores, L., Ribeiro, J. C., & Santos, M. P. (2006). Relationship of single measures of cardiorespiratory fitness and obesity in young schoolchildren. *Am J Hum Biol*, 18(3), 335-341.
- Mota-Pereira, J., Carvalho, S., Silverio, J., Fonte, D., Pizarro, A., Teixeira, J., Ribeiro, J. C., & Ramos, J. (2011). Moderate physical exercise and quality of life in patients with treatment-resistant major depressive disorder. *Journal of Psychiatric Research*, 45(12), 1657-1659.
- Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Doolaard, S., & Visscher, C. (2015). Improving Academic Performance of School-Age Children by Physical Activity in the Classroom: 1-Year Program Evaluation. *Journal of School Health*, 85(6), 365-371.
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S., & Atwood, J. E. (2002). Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *New England Journal of Medicine*, 346(11), 793-801.
- Navarro, J.-J., García-Rubio, J., & Olivares, P. R. (2015). The Relative Age Effect and Its Influence on Academic Performance. *PLoS ONE*, 10(10), 1-18.
- Ntoumanis, N., & Thøgersen-Ntoumani, C. (2006). The role of self-determined motivation in the understanding of exercise-related behaviours, cognitions and physical self-evaluations. *Journal of Sports Sciences*, 24(4), 393-404.
- O'Dea, J. A., & Mugridge, A. C. (2012). Nutritional quality of breakfast and physical activity independently predict the literacy and numeracy scores of children after adjusting for socioeconomic status. *Health Educ Res*, 27(6), 975-985.

- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal Of Obesity* (2005), 32(1), 1-11.
- Owens, S., Galloway, R., & Gutin, B. (2017). The case for vigorous physical activity in youth. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 11(2), 96-115.
- Parikh, T., & Stratton, G. (2011). Influence of intensity of physical activity on adiposity and cardiorespiratory fitness in 5-18 year olds. *Sports Med*, 41(6), 477-488.
- Phillips, D., Hannon, J. C., & Castelli, D. M. (2015). Effects of vigorous intensity physical activity on mathematics test performance. *Journal of Teaching in Physical Education*, 34(3), 346-362.
- Pickering, T. G., Hall, J. E., Appel, L. J., Falkner, B. E., Graves, J., Hill, M. N., Jones, D. W., Kurtz, T., Sheps, S. G., & Roccella, E. J. (2005). Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals - Part 1: Blood pressure measurement in humans - A statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *CIRCULATION*, 111(5), 697-716.
- Pino-Juste, M., Portela-Pino, I., & Abalde-Amoedo, N. (2016). Level of Physical Activity and Academic Performance. *International Journal of Pedagogy & Curriculum*, 23(3), 53-65.
- Pozo, J. I. (2002). *Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed.
- Racil, G., Ben Ounis, O., Hammouda, O., Kallel, A., Zouhal, H., Chamari, K., & Amri, M. (2013). Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *Eur J Appl Physiol*, 113(10), 2531-2540.
- Rasberry, C. N., Lee, S. M., Robin, L., Nihiser, A. J., Laris, B. A., Russell, L. A., & Coyle, K. K. (2011). The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: A systematic review of the literature. *Preventive Medicine*, 52(SUPPL.), S10-S20.
- Rauner, A., Mess, F., & Woll, A. (2013). The relationship between physical activity, physical fitness and overweight in adolescents: a systematic review of studies published in or after 2000. *BMC Pediatrics*, 13, 19-19.
- Ribeiro, J. C., Guerra, S., Oliveira, J., Teixeira-Pinto, A., Twisk, J. W. R., Duarte, J. A., & Mota, J. (2004). Physical activity and biological risk factors clustering in pediatric population. *Preventive Medicine*, 39, 596-601.
- Rodríguez, S., Cabanach, R. G., Valle, A., Núñez, J. C., & González-Pienda, J. A. (2004). Diferencias en el uso de self-handicapping y pesimismo defensivo y sus relaciones con las metas de logro, la autoestima y las estrategias de autorregulación. *Psicothema*, 16(4), 625-631.
- Saavedra, L. (2001). Sucesso-insucesso escolar: A importância do nível socioeconómico e do género. *Psicologia*, 15(1), 67-92.
- Santos, A. (2013). *O sono e o rendimento académico em adolescentes portugueses*. Lisboa: Andreia Santos. Dissertação de Mestrado apresentada a Instituto Universitário Ciências Psicológicas, Sociais e da Vida.

- Sardinha, L. B., Marques, A., Martins, S., Palmeira, A., & Minderico, C. (2014). Fitness, fatness, and academic performance in seventh-grade elementary school students. *BMC PEDIATRICS*, 14.
- Sardinha, L. B., Marques, A., Minderico, C., Palmeira, A., Santos, D. A., Martins, S., & Ekelund, U. (2016). Longitudinal relationship between cardiorespiratory fitness and academic achievement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(5), 839-844.
- Silva, G. (2012). *Cardiorespiratory Fitness in Children and Adolescents Assessment, Reference Standards and Associations with Metabolic Risk and Physical Activity*. Porto: Gustavo Silva. Dissertação de Doutor apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Silva, G., Aires, L., Martins, C., Mota, J., Oliveira, J., & Ribeiro, J. C. (2013). Cardiorespiratory fitness associates with metabolic risk independent of central adiposity. *Int J Sports Med*, 34(10), 912-916.
- Silva, G., Aires, L., Mota, J., Oliveira, J., & Ribeiro, J. C. (2012a). Normative and Criterion-Related Standards for Shuttle Run Performance in Youth. *PEDIATRIC EXERCISE SCIENCE*, 24(2), 157-169.
- Silva, G., Oliveira, N. L., Aires, L., Mota, J., Oliveira, J., & Ribeiro, J. C. (2012b). Calculation and validation of models for estimating VO2max from the 20-m shuttle run test in children and adolescents. *Archives of Exercise in Health & Disease*, 3(1/2), 145-152.
- Singh, A., Uijtdewilligen, L., Twisk, J. W., van Mechelen, W., & Chinapaw, M. J. (2012). Physical activity and performance at school: a systematic review of the literature including a methodological quality assessment. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 166(1), 49-55.
- Stabelini Neto, A., Sasaki, J. E., Mascarenhas, L. P. G., Boguszewski, M. C. S., Bozza, R., Ulbrich, A. Z., da Silva, S. G., & de Campos, W. (2011). Physical activity, cardiorespiratory fitness, and metabolic syndrome in adolescents: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 11, 674-674.
- Stefanini, M. C. B., & Cruz, S. A. B. (2006). Dificuldades de aprendizagem e suas causas: O olhar do professor de 1ª a 4ª séries do Ensino Fundamental. *Educação*, 29(58), 85-105.
- Steinmayr, R., Meibner, A., Weidinger, A. F., & Wirthwein, L. (2015). Academic Achievement. *Oxford Bibliographies*. Consult. 24.10.2016, disponível em <http://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199756810/obo-9780199756810-0108.xml?rskey=CIHqE9&result=1>
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & Ridder, H. (2011). *International standards for anthropometric assessment*. Lower Hutt, New Zealand : The International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Syväoja, H. J., Kantomaa, M. T., Ahonen, T., Hakonen, H., Kankaanpää, A., & Tammelin, T. H. (2013). Physical activity, sedentary behavior, and academic performance in Finnish children. *Med Sci Sports Exerc*, 45(11), 2098-2104.
- Taras, H., & Potts-Datema, W. (2005). Obesity and Student Performance at School. *Journal of School Health*, 75(8), 291-295.
- Taylor, H. L., Buskirk, E., & Henschel, A. (1955). Maximal Oxygen Make us an Objective Measure of Cardio-Respiratory Performance. *Journal of Applied Physiology* (0021-8987), 8(1), 73.

- Telama, R. (2009). Tracking of Physical Activity from Childhood to Adulthood: A Review. *OBESITY FACTS*, 2(3), 187-195.
- The Cooper Institute for Aerobics Research. (2010). *Fitnessgram & Activitygram Test Administration Manual*. Champaign: Human Kinetics.
- Tjonna, A. E., Stolen, T. O., Bye, A., Volden, M., Slordahl, S. A., Odegard, R., Skogvoll, E., & Wisloff, U. (2009). Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents. *Clin Sci (Lond)*, 116(4), 317-326.
- Torrijos-Niño, C., Martínez-Vizcaíno, V., Pardo-Guijarro, M. J., García-Prieto, J. C., Arias-Palencia, N. M., & Sánchez-López, M. (2014). Physical fitness, obesity, and academic achievement in schoolchildren. *Journal of Pediatrics*, 165(1), 104-109.
- Trudeau, F., & Shephard, R. J. (2008). Physical education, school physical activity, school sports and academic performance. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5.
- Twisk, J. W. R. (2001). Physical activity guidelines for children and adolescents: a critical review. *Sports Medicine*, 31(8), 617-627.
- Väistö, J., Eloranta, A. M., Viitasalo, A., Tompuri, T., Lintu, N., Karjalainen, P., Lampinen, E. K., Ågren, J., Laaksonen, D. E., Lakka, H. M., Lindi, V., & Lakka, T. A. (2014). Physical activity and sedentary behaviour in relation to cardiometabolic risk in children: Cross-sectional findings from the Physical Activity and Nutrition in Children (PANIC) Study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 11(1).
- Van Dijk, M. L., De Groot, R. H. M., Savelberg, H. H. C. M., Van Acker, F., & Kirschner, P. A. (2014). The Association Between Objectively Measured Physical Activity and Academic Achievement in Dutch Adolescents: Findings From the GOALS Study. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 36(5), 460-473.
- Van Dusen, D. P., Kelder, S. H., Kohl, H. W., 3rd, Ranjit, N., & Perry, C. L. (2011a). Associations of physical fitness and academic performance among schoolchildren. *The Journal Of School Health*, 81(12), 733-740.
- Van Dusen, D. P., Kelder, S. H., Kohl, H. W., Ranjit, N., & Perry, C. L. (2011b). Associations of physical fitness and academic performance among schoolchildren. *J Sch Health*, 81(12), 733-740.
- Vanhelst, J., Béghin, L., Duhamel, A., Manios, Y., Molnar, D., De Henauw, S., Moreno, L. A., Ortega, F. B., Sjöström, M., Widhalm, K., & Gottrand, F. (2016). Physical activity is associated with attention capacity in adolescents. *The Journal of Pediatrics*, 168, 126-131.
- Veiga, F., Oliveira, Í. M., & Taveira, M. d. C. (2014). *Student's engagement in school, academic aspirations, and career exploration of Portuguese adolescents*. Relatorio de Estagio apresentado a Accession Number: rcaap.openAccess.10451.10781; Publication Type: Conference Proceeding; Language: English; Publication Date: 20140101; Rights: openAccess.
- Verstynen, T. D., Lynch, B., Miller, D. L., Voss, M. W., Shaurya Prakash, R., Chaddock, L., Basak, C., Szabo, A., Olson, E. A., Wojcicki, T. R., Fanning, J., Gothe, N. P., McAuley, E., Kramer, A. F., & Erickson, K. I. (2012). Caudate Nucleus Volume Mediates the Link between

- Cardiorespiratory Fitness and Cognitive Flexibility in Older Adults. *Journal of Aging Research*, 1-11.
- Vincent, S. D., Barker, R., Clarke, M., & Harrison, J. (1999). A comparison of peak heart rates elicited by the 1-mile run/walk and the progressive aerobic cardiovascular endurance run. / Comparaison des frequences cardiaques maximales lors d'un test de course/marche de 1 mile (MRW) et d'un test progressif de course pour l'endurance cardiovasculaire aerobie (PACER). *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 70(1), 75-78.
- Welk, G. J., Jackson, A. W., Morrow, J. R., Haskell, W. H., Meredith, M. D., & Cooper, K. H. (2010). The association of health-related fitness with indicators of academic performance in Texas schools. *Res Q Exerc Sport*, 81(3 Suppl), S16-23.
- Wells, G. D., Selvadurai, H., & Tein, I. (2009). Bioenergetic provision of energy for muscular activity. *Paediatr Respir Rev*, 10(3), 83-90.
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C., Floel, A., & Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiol Learn Mem*, 87(4), 597-609.
- Wittberg, R. A. r. a. w. w. g., Northrup, K. L., & Cottrell, L. A. (2012). Children's Aerobic Fitness and Academic Achievement: A Longitudinal Examination of Students During Their Fifth and Seventh Grade Years. *American Journal of Public Health*, 102(12), 2303-2307.
- Wittmeier, K. D., Mollard, R. C., & Kriellaars, D. J. (2008). Physical activity intensity and risk of overweight and adiposity in children. *Obesity (Silver Spring)*, 16(2), 415-420.
- World Health Organization. (2010a). *Global Recommendations on Physical Activity for Health*. Geneva, Switzerland.
- World Health Organization. (2010b). Prevalence of insufficient physical activity among school going adolescents. *World Health Organization Consult*. 20 Agosto 2016, disponível em <http://apps.who.int/gho/data/view.main.2463ADO?lang=en>
- Zimmerman, B. J. (2008). Investigating self-regulation and motivation: Historical background, methodological developments, and future prospects. *American Educational Research Journal*, 45(1), 166-183.